

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2017г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование специальности)

Электроснабжение гипермаркета «Аллея»
г. Абакан, ул. Некрасова, д.31а
(наименование темы)

Руководитель _____ « ____ » _____ 2017г. доцент каф.ЭЭ,к.т.н А.В.Коловский
подпись дата должность, ученая степень инициалы , фамилия

Выпускник _____ « ____ » _____ 2017г. Д.М.Хайрутдинов
подпись дата инициалы , фамилия

Нормоконтролер _____ « ____ » _____ 2017г. А.В.Коловский
подпись дата инициалы, фамилия

Абакан 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт –
филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2017г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту _____ Хайрутдинову Денису Михайловичу _____
(фамилия, и отчество)
Группа ЗХЭн-12-01 (3-12) Направление (специальность)
номер
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код, наименование
Тема выпускной квалификационной работы Электроснабжение гипермаркета «Аллея» г. Абакан, ул. Некрасова, д.31а

Утверждена приказом по университету №145 от 28.02.2017г.

Руководитель ВКР Коловский А.В., к.т.н. доцент кафедры «Электроэнергетика»
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР генеральный план гипермаркета «Аллея» г.Абакан, ул.Некрасова, д.31а, ведомость электрических нагрузок гипермаркета «Аллея» г.Абакан, ул.Некрасова, д.31а.

Перечень разделов ВКР:

1. Аналитическая стадия проектирования
2. Расчет внутренней сети электроснабжения
 - 2.1 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов
 - 2.2 Светотехнический расчет системы освещения
 - 2.3 Электротехнический расчет системы освещения
 - 2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам
 - 2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта
3. Проектирование сети внутреннего электроснабжения
 - 3.1 Выбор сечений проводов и кабелей
 - 3.2 Выбор коммутационных аппаратов
 - 3.3 Выбор распределительных пунктов
 - 3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения
4. Проектирование внешней сети электроснабжения
 - 4.1 Выбор места установки ТП и мощности трансформаторов
 - 4.2 Общие указания по прокладке кабелей системы внешнего электроснабжения
 - 4.3 Расчет сечения кабелей сети внешнего электроснабжения
5. Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования.

Перечень графического материала:

- 1 План расположения элементов системы освещения с разводкой осветительной сети торгового зала.
- 2 План расположения элементов системы освещения с разводкой осветительной сети пекарни, кулинарного цеха.
- 3 Однолинейная схема электроснабжения силовых щитов.
- 4 План расположения силовых электроприемников пекарни, кулинарного цеха и подсобных помещений с нанесенной разводкой электрической сети.

Руководитель ВКР _____ /А.В.Коловский
подпись инициалы,
фамилия

Задание принял к исполнению _____ /Д.М.Хайрутдинов
подпись инициалы,
фамилия
2 марта 2017 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) на тему «Электроснабжение гипермаркета «Аллея» г. Абакан, ул. Некрасова, д.31а» содержит 78 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 4 листа графического материала.

ЭЛЕКТРОСБЕРЕЖЕНИЕ, КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ,
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ЭЛЕКТРОПРИЕМНИК, ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ,
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ,
ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЕ.

Проектируемый объект - гипермаркета «Аллея» г. Абакан, ул. Некрасова, д.31а. Цели:

- проектирование наиболее экономичной и рациональной системы электроснабжения 0,4 кВ;
- выбор сечений проводов и кабелей, коммутационных аппаратов, распределительных пунктов;
- расчет токов короткого замыкания, проверка оборудования на термическую и электродинамическую стойкость;
- расчет токов трехфазного и однофазного короткого замыкания, проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности и по чувствительности.

В результате разработки ВКР в основной части проведён расчёт системы электроснабжения объекта 0,4 кВ.

В итоге была спроектирована система электроснабжения гипермаркета «Аллея» г. Абакан, ул. Некрасова, д.31а, с учетом современных требований к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды. Обосновано питающее напряжение 10 кВ и 0,4 кВ, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения. Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания и на термическую стойкость.

ABSTRACT

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Аналитическая стадия проектирования	8
1.1 Характеристика объекта.....	8
1.2 Анализ предоставленных данных	9
1.3 Нормативные требования к системам электроснабжения гипермаркета ..	13
2 Расчет внутренней сети электроснабжения.....	14
2.1 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов	14
2.2 Светотехнический расчет системы освещения	22
2.2.1 Светотехнический расчет системы рабочего освещения.....	22
2.2.2 Светотехнический расчет системы аварийного освещения	25
2.3 Электротехнический расчет системы освещения.....	26
2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам.....	29
2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта	36
3 Проектирование сети внутреннего электроснабжения	40
3.1 Выбор сечений проводов и кабелей	43
3.2 Выбор коммутационных аппаратов	46
3.3 Выбор распределительных пунктов.....	49
3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения	50
4 Проектирование внешней сети электроснабжения	54
4.1 Выбор мощности трансформаторов.....	54
4.2 Общие указания по прокладке кабелей системы внешнего электроснабжения	56
4.3 Расчет сечения кабелей сети внешнего электроснабжения.....	58
4.4 Выбор силового оборудования	59
4.5 Проверка кабеля системы внешнего электроснабжения по допустимым потерям напряжения	60
5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования.....	61
5.1 Расчет токов КЗ	61
5.2 Проверка электрооборудования на термическую и электродинамическую стойкость	63
5.3 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности	64
5.4 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности.....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	78

ВВЕДЕНИЕ

Электроснабжение гипермаркета «Аллея» г. Абакан, ул. Некрасова, д.31а напрямую зависит от вида предлагаемой продукции. В продуктовых магазинах энергоснабжение обуславливается, прежде всего, наличием холодильных установок, это холодильные и морозильные витрины, шкафы, бары для прохладительных напитков, холодильные камеры и сплит системы, шкафы шоковой заморозки, столы охлаждаемые, кроме того, весовые приборы, касса и т.д. Особенность электроснабжения объектов торговли заключается не только в густоте внутренних электросетей, но так же, в мощностях потребления электроэнергии различными установками. Холодильные установки, вспомогательные приборы и системы, в состав которых входят различные электрические двигатели, потребляют намного больше электроэнергии, чем осветительные приборы, что требует более серьезной схемы электроснабжения объекта торговли с учетом заземления электрических приборов. Один из важных факторов, который влияет на продажи в торговых магазинах – это освещение. При создании комфортной обстановки для покупателя освещение является очень важной составляющей, которая может как увеличивать продажи, так и уменьшать их. Как известно, освещенность измеряется в Люксах, $1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lm (Люмен)} / 1 \text{ м. кв.}$ Современный уровень освещенности в магазинах колеблется от 500 до 100 Lux в горизонтальной плоскости.

1 Аналитическая стадия проектирования

1.1 Характеристика объекта

Гипермаркет «Аллея» расположен в городе Абакан на улице Некрасова 31а, режимы работы магазина с 8:00 до 23:00 без обеда и выходных, специализация магазина заключается в продаже смешанных товаров. Гипермаркет предусматривает наличие производственных, служебных, вспомогательных и бытовых помещений. Холодильное, силовое и тепловое оборудование различного назначения размещено в торговом, цеховом подсобном помещениях. Гипермаркет занимает часть площади первого этажа. По степени надежности электроснабжения магазин относится к потребителям второй категории. Приборы пожарно-охранной сигнализации относятся к первой категории, которая обеспечивается вторичным источником питания (АКБ).

Электроснабжение осуществляется от существующего главного распределительного щита (ГРЩ 0,4 кВ), расположенного в электрощитовой здания.

Расчетный учет электроэнергии осуществляется счетчиками установленными в ГРЩ.

Наиболее мощный приемник – печь ротационная 54,6 кВт. Самый маломощный – весы, весы платформа, соковыжималка, сокоохладитель 0,2 кВт. По роду тока электроприёмники относятся к потребителям, работающим от сети переменного тока промышленной частоты (50 Гц). Количество рабочих смен – 2.

Грунт в районе гипермаркета – супесь. Климатические параметры Абакана находится в умеренном резко континентальном климате. Погода определяется воздействием Сибирского антициклона зимой, определяющим морозную и сухую погоду в холодный период, и воздушных масс из Атлантики, приносящих летом тепло и влагу. Каркас здания сооружен из блоков-секций, длиной 6 м каждый. Площадь гипермаркета 650 м². Высота первого этажа 4 м.

1.2 Анализ предоставленных данных

Таблица 1.1 - Ведомость электрических нагрузок гипермаркета

Наименование	U _{ном} , В	Мощность ЭП, кВт
1	2	3
Зона перекуса		
Весы	220	0,2
Горячий стол	220	0,5
Кофе машина	220	0,3
Соковыжималка	220	0,2
Соковыжималка	220	0,2
Миксер	220	0,3
Печь для пиццы IPTIZZA ML 44	380	12
Фритюрница AIRHOT EF4	220	2
Шаурма ЭЛ М	220	3
Гриль	220	1,8
Посудомоечная машина бытовая	220	2
Посудомоечная машина бытовая	220	2
Касса	220	0,3
Сокоохладитель	220	0,2
Мармит	220	0,4
Мармит	220	0,4
Мармит	220	0,4
Мармит	220	0,4
Касса	220	0,3
Морозилка бытовая	220	0,6
Морозилка бытовая	220	0,6
Блинница	220	3
Стол для пиццы	220	0,3
Стол для пиццы	220	0,3
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
СВЧ печь	220	1,5
Термопод	220	0,5
Зал		
Слайсер	220	0,5
Слайсер	220	0,5

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Слайсер	220	0,5
Весы	220	0,2
Термоупаковщик	220	0,5
Термоупаковщик	220	0,5
Термоупаковщик	220	0,5
Термоупаковщик	220	0,5
Шкаф холодильный	220	1
Термоупаковщик	220	0,5
Термоупаковщик	220	0,5
Термоупаковщик	220	0,5
Весы	220	0,2
Гриль	380	22,5
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Горячий стол	220	0,5
Горячий стол	220	0,5
Горячий стол	220	0,5
Аквариум	220	2
Льдогенератор	220	0,65
Весы	220	0,2
Горячий стол	220	0,5
Горячий стол	220	0,5
Шкаф холодильный	220	1
Шкаф холодильный	220	1
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Весы	220	0,2
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Кассовая линия, компьютер	220	1
Рабочее место	220	1
Рабочее место	220	1
Рабочее место	220	1
МФУ (видео+ админ.)	220	1
Сервер	220	2
Подсобные помещения		
Печь конвекционная	380	16
Печь конвекционная	380	16
Печь ротационная Revent	380	54,6
Печь ротационная Revent	380	54,6
Шкаф расстоечный	220	4,5
Миксер	220	0,4
Бойлер	220	2,5
Весы	220	0,2
Весы платформа	220	0,2
Шкаф холодильный	220	0,7
Мукопросеиватель	220	1,1
Весы	220	0,2
Термоупаковщик	220	0,5
Хлеборезка	220	0,5
Тандыр	380	6
Тестомес	380	10,5
Тестозакатка	220	1,1
Бойлер	220	2,5
Сухародробилка	220	0,75
Шкаф холодильный	220	1,4
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Чайник	220	1,5
Холодильник бытовой	220	0,7
СВЧ	220	1,2
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Рабочее место, компьютер, МФУ	220	1
Весы	220	0,2
Термоупаковщик	220	0,5
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
Весы	220	0,2
Термоупаковщик	220	0,5
Термоупаковщик	220	0,5
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
Весы платформа	220	0,2
Весы платформа	220	0,2
Весы платформа	220	0,5
Весы платформа	220	0,5
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
Рабочее место, компьютер	220	1
	220	
Рабочее место, компьютер	220	1
Завеса тепловая вертикальная ТЕПЛОМАШ	380	24
Завеса тепловая вертикальная ТЕПЛОМАШ	380	24
Цех		
Шкаф холодильный	220	1,4
Пароконвектомат	380	19
Пароконвектомат	380	10
Сковорода	380	12
Плита	380	16,4
Фритюрница	380	8
Шкаф холодильный	220	0,5
Плита	220	4

Окончание таблицы 1.1

1	2	3
Шкаф холодильный	220	0,5
Мясорубка	220	1,44
Миксер	220	0,4
Рабочее место, компьютер	220	1

В дальнейших расчетах нагрузку до 400Вт объединяем в розеточные группы.

1.3 Нормативные требования к системам электроснабжения гипермаркета

Система электроснабжения гипермаркета должна быть выполнена в соответствии с действующими:

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;

ПУЭ 7-е издание «Правила устройств электроустановок»;

СП-31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»;

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87 молниезащита данного объекта не требуется.

2 Расчет внутренней сети электроснабжения

2.1 Разбиение электроприемников на группы и расчет нагрузок силовых пунктов

Определения нагрузки создаваемой группой электроприемников присоединенных к силовому щиту, производится для выбора сечения линии, питающей эту группу и коммутационно защитной аппаратуры. Расчет мощности электроприемников на силовом щите осуществляется по формуле:

где: K_c – коэффициент спроса, определяется по [№ 3, таб.6.9, СП]

Расчет электроснабжения для щита № 1.1 линии 2:

Горячий стол : $P_1=500$ Вт ; $K_c=0,8$; $\cos\varphi =0,65$; $U=220$ В.

Фритюрница AIRHOT EF4: $P_2=2000$ Вт ; $K_c=0,8$; $\cos\varphi =0,65$; $U=220$ В.

Шаурма ЭЛ М: $P_3=3000$ Вт ; $K_c=0,8$; $\cos\varphi =0,65$; $U=220$ В.

Определим суммарную мощность электроприёмников :

$$P_{\text{сумм}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5, \text{ Вт} \quad (2.2)$$

$$P_{\text{сумм}} = 500 + 2000 + 3000 = 5500 \text{ Вт}$$

Определим расчетную мощность:

$$P_{\text{рас}} = 0,8 \cdot 5500 = 4400 \text{ Вт}$$

Определим полную расчетную мощность:

$$S_{\text{рас}} = P_{\text{рас}} / \cos\varphi, \text{ ВА} \quad (2.3)$$

$$S_{\text{рас}} = 4400 / 0,65 = 6769 \text{ ВА}$$

Определим расчетный ток:

$$I_{\text{рас}} = S_{\text{рас}} / U, \text{ А} \quad (2.4)$$

$$I_{\text{рас}} = 6769 / 220 = 30,8 \text{ А}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных линий и ЩС, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 2.1

Таблица 2.1– Расчет нагрузок силовых пунктов

№ п/п	Наименование ЭП	Кол-во ЭП n, шт	Мощность ЭП, P,Вт	Kc	P расч, Вт	S расч, ВА	Ip , А
1	2	3	4	5	6	7	8
	Зона перекуса						
Щит №1.1							
линия 1							
1	Печь для пиццы ITPIZZA ML 44						
	итого :	1	12000	0,9	10800	16615	43,7
линия2							
2	Горячий стол	1	500				
3	Фритюрница AIRHOT EF4	1	2000				
4	Шаурма ЭЛ М	1	3000				
	итого :	3	5500	0,8	4400	6769	30,8
линия 3							
5	Гриль	1	1800				
6	Блинница	1	3000				
	итого :	2	4800	0,8	3840	5908	26,9
линия 4							
7	Посудомоечная машина бытовая	1	2000				
8	Посудомоечная машина бытовая	1	2000				
9	СВЧ печь	1	1500				
	итого :	3	5500	0,8	4400	6769	30,8
линия 5							
10	Мармит	1	400				
11	Мармит	1	400				
12	Мармит	1	400				
13	Мармит	1	400				
14	Морозилка бытовая	1	600				
15	Морозилка бытовая	1	600				
	итого:	6	2800	0,9	2520	3877	17,6
	итого по ЩС 1.1	15	30600	0,85	26010	40015	105,3
Щит №1.2							
линия 1							
	Розеточная группа правой части зоны перекуса	5	240				
	итого :		1200	1	1200	1846	8,4

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
линия 2							
	Розеточная группа левой части зоны перекуса	4	375				
	итого :		1500	1	1500	2308	10,5
линия 3							
	Розеточная группа задней части зоны перекуса	4	250				
	итого :		1000	1	1000	1538	7,0
	итого по ЦС 1.2	13	3700	1	3700	5692	15,0
	Торговый зал						
Щит №2.1							
линия 1							
1	Слайсер	1	500				
2	Слайсер	1	500				
3	Термоупаковщик	1	500				
4	Термоупаковщик	1	500				
5	Термоупаковщик	1	500				
6	Термоупаковщик	1	500				
	итого :	6	3000	0,9	2700	4154	18,9
линия 2							
7	Шкаф холодильный	1	1000				
8	Термоупаковщик	1	500				
9	Термоупаковщик	1	500				
10	Термоупаковщик	1	500				
	итого :	4	2500	0,9	2250	3462	15,7
линия 3							
11	Гриль	1	22500				
	итого :		22500	0,9	20250	31154	82,0
линия 4							
12	Горячий стол	1	500				
13	Горячий стол	1	500				
14	Горячий стол	1	500				
15	Аквариум	1	2000				
	итого :	4	3500	0,9	3150	4846	22,0
линия 5							
16	Льдогенератор	1	650				
17	Горячий стол	1	500				
18	Горячий стол	1	500				
19	Шкаф холодильный	1	1000				
20	Шкаф холодильный	1	1000				

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	итого :	5	3650	0,9	3285	5054	23,0
	итого по ЩС 2.1	20	35150	0,9	31635	48669	128,1
Щит №2.2							
линия 1							
	Розеточная группа центра торгового зала (весы)	16	200				
	итого :		3200	0,9	2880	4431	20,1
линия 2							
	Розеточная группа задней части зоны торгового зала (кассы)	5	1000				
	итого :		5000	0,9	4500	6923	31,5
линия 3							
	Розеточная группа задней части зоны торгового зала (кассы)	5	1000				
	итого :		5000	0,9	4500	6923	31,5
линия 4							
	Розеточная группа задней части зоны торгового зала (кассы)	6	1000				
	итого :		6000	0,9	5400	8308	37,8
линия 5							
	Розеточная группа задней левой части зоны торгового зала	3	1000				
	итого :		3000	0,9	2700	4154	18,9
линия 6							
	Розеточная группа задней левой части зоны торгового зала	3	1000				
	итого :		3000	0,9	2700	4154	18,9
	итого по ЩС 2.2	38	25200	0,9	22680	34892	91,8
Щит освещения ЩО 1(2).3							
линия 1							
	Торговый зал верхняя часть	125	36				
	итого:		4500	1	4500	6923	31,5

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
линия 2							
	Торговый зал верхняя часть	125	36				
	итого:		4500	1	4500	6923	31,5
линия 3							
	Торговый зал верхняя часть	125	36				
	итого:		4500	1	4500	6923	31,5
линия 4							
	Торговый зал нижняя часть	126	36				
	итого:		4536	1	4536	6978	31,7
линия 5							
	Торговый зал нижняя часть	126	36				
	итого:		4536	1	4536	6978	31,7
линия 6							
	Торговый зал нижняя часть	125	36				
	итого:		4500	1	4500	6923	31,5
	итого по ЦО 1.(2).3	752	27072	1	27072	41649	109,6
	Подсобные помещения						
Щит № 3.1							
линия 1							
1	Печь конвекционная	1	16000				
	итого:		16000	0,9	14400	22154	58,3
линия 2							
2	Печь конвекционная	1	16000				
	итого:		16000	0,8	12800	19692	51,8
линия 3							
3	Печь ротационная Revent	1	54600				
	итого:		54600	0,9	49140	75600	198,9
линия 4							
4	Печь ротационная Revent	1	54600				
	итого:		54600	0,8	43680	67200	176,8
линия 5							
5	Тестомес	1	10500				
	итого:		10500	0,8	8400	12923	34,0
линия 6							
6	Тандыр	1	6000				
	итого:		6000	0,8	4800	7385	19,4

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	итого по ЩС 3.1	6	157700	0,84	132468	203797	536,3
Щит №3.2							
линия 1							
1	Шкаф расстоечный	1	4500				
2	Термоупаковщик	1	500				
3	Хлебобрезка	1	500				
4	Тестозакатка	1	1100				
5	Чайник	1	1500				
6	Холодильник бытовой	1	700				
7	СВЧ	1	1200				
8	Термоупаковщик	1	500				
9	Термоупаковщик	1	500				
10	Термоупаковщик	1	500				
	итого:	10	11500	0,75	8625	13269	60,3
линия 2							
11	Миксер	1	400				
12	Бойлер	1	2500				
13	Шкаф холодильный	1	700				
14	Мукопросеиватель	1	1100				
	итого:	4	4700	0,8	3760	5785	26,3
линия 3							
15	Бойлер	1	2500				
16	Сухародробилка	1	750				
17	Шкаф холодильный	1	1400				
18	Рабочее место, компьютер	1	1000				
19	Рабочее место, компьютер	1	1000				
20	Рабочее место, компьютер	1	1000				
21	Рабочее место, компьютер	1	1000				
	итого :	7	8650	0,9	7785	11977	54,4
	итого по ЩС 3.2	21	24850	0,81667	20294,2	31222	82,2
Щит № 3.3							
линия 1							
	Розеточная группа правой части подсобного помещения	12	200				
	итого	12	2400	0,9	2160	3323	15,1

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
линия 2							
	Розеточная группа: Рабочее место, компьютер, МФУ	6	1000				
	итого :		6000	0,9	5400	8308	37,8
линия 3							
	Розеточная группа: Рабочее место, компьютер, МФУ	5	1000				
	итого :		5000	0,9	4500	6923	31,5
линия 4							
	Розеточная группа: Рабочее место, компьютер, МФУ	5	1000				
	итого :		5000	0,9	4500	6923	31,5
линия 5							
24	Завеса тепловая вертикальная ТЕПЛОМАШ	1	24000				
	итого:		24000	1	24000	36923	97,2
линия 6							
25	Завеса тепловая вертикальная ТЕПЛОМАШ	1	24000				
	итого:		24000	1	24000	36923	97,2
	итого по ЦС 3.3	20	49200	0,95	46740	71908	189,2
Щит освещения ЩО 3.4							
линия 1							
	Подсобные левая часть плана	31	36				
	итого:		1116	1	1116	1717	7,8
линия 2							
	Подсобные правая часть плана	25	36				
	итого:		900	1	900	1385	6,3
линия 3							
	Подсобные верхняя правая часть плана	36	36				
	итого:		1296	1	1296	1994	9,1
линия 4							
	Подсобные верхняя левая часть плана	27	36				
	итого:		972	1	972	1495	6,8

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	итого по ЩО 3.4	119	4284	1	4284	6591	17,3
	Цех						
Щит № 4.1							
линия 1							
1	Пароконвектомат	1	19000				
	итого:		19000	0,8	15200	23385	61,5
линия 2							
2	Пароконвектомат	1	10000				
	итого:		10000	0,9	9000	13846	36,4
линия 3							
3	Сковорода	1	12000				
	итого:		12000	0,9	10800	16615	43,7
линия 4							
4	Плита	1	16400				
	итого		16400	0,9	14760	22708	59,8
линия 5							
5	Фритюрница	1	8000				
	итого:		8000	0,9	7200	11077	29,1
	итого по ЩС 4.1	5	65400	0,9	58860	90554	238,3
Щит № 4.2							
линия 1							
6	Шкаф холодильный	1	1400				
7	Шкаф холодильный	1	500				
8	Шкаф холодильный	1	500				
	итого:	3	2400	1	2400	3692	16,8
линия 2							
9	Плита	1	4000				
	итого:	1	4000	0,9	3600	5538	25,2
линия 3							
10	Мясорубка	1	1400				
11	Миксер	1	400				
12	Рабочее место, компьютер	1	1000				
	итого	3	2800,0	0,9	2520	3877	17,6
	итого по ЩС 4.2	7	9200,0	0,9	8280	12738	33,5
Щит освещения ЩО 4.3							
линия 1							
	Цех верхняя часть плана	19	36				
	итого:		684	1	684	1052	4,8
	итого по ЩО 4.3	19	684	1	684	1052	4,8

2.2 Светотехнический расчет системы освещения

Стадия расчета электроосвещения очень важна при проектировании. Правильно спроектированная система освещения способствует более безопасной работе персонала, снижению утомляемости, более рациональному использованию электрической энергии, повышению качества выпускаемой продукции, производительности труда и продаже товаров.

Рекомендации по проектированию систем освещения взяты из СП 31-110-2003 и СП 52.13330.2011.

2.2.1 Светотехнический расчет системы рабочего освещения

На данном этапе проектирования определяются тип источников света, наиболее рациональные места установки светильника, а также высота их установки, способ крепления и способы управления освещением. Для освещения помещений гипермаркета использованы светильники марки ДВО-680 с установкой в нем диодных ламп мощностью по 36 Вт каждая. Согласно информации, представленной заводом изготовителем о данном светильнике, он предназначен для использования общественных зданиях и помещениях. Данный светильник имеет степень защиты IP 54. Лампы, устанавливаемые в данном светильнике должны иметь световую температуру 4200 К. Уровень искусственной освещенности от системы общего освещения не должен быть меньше 500 ЛК. Управление освещением выполнено с помощью проходных, одноклавишных и двухклавишных выключателей. Выключатели установлены у мест входа в помещения здания, либо в наиболее рациональных местах их установки. Высота установки выключателей над уровнем пола – 1,5 м. Это обеспечит удобное управление освещением.

Светотехнический расчет будем производить по методу использования светового потока. Основная формула определения количества светильников в помещении:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}, \quad (2.7)$$

где E_{\min} – минимальная нормированная освещенность, лк;

k – коэффициент запаса;

S – освещаемая площадь, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения);

N – число светильников;

n – число ламп в светильнике;

η – коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Нормированную освещенность для помещений будем выбирать по СП 52.13330. Коэффициент запаса k учитывает запыленность помещения, снижение светового потока ламп в процессе эксплуатации. Так как данный объект относится к объектам с низкой запыленностью, а так же с отсутствием паров кислот и щелочей, значение коэффициента запаса примем равным 1,25. Коэффициент минимальной освещенности Z характеризует неравномерность освещения. Он является функцией многих переменных, точное его определение затруднительно, но в наибольшей степени он зависит от отношения расстояния между светильниками к расчетной высоте. При расположении светильников в линию (ряд), рекомендуется принимать $Z = 1,1$ для люминесцентных ламп. Для определения коэффициента использования светового потока η находят индекс помещения i и предполагаемые коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка $r_{\text{п}}$, стен $r_{\text{с}}$, пола $r_{\text{р}}$. Обычно для светлых торговых помещений $r_{\text{п}}=70\%$, $r_{\text{с}}=50\%$, $r_{\text{р}}=30\%$. Для производственных помещений с незначительными пылевыведениями $r_{\text{п}}=50\%$, $r_{\text{с}}=30\%$, $r_{\text{р}}=10\%$.

Индекс помещения определяется по следующему выражению:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (2.8)$$

где А, В, h - длина, ширина и расчетная высота (высота подвеса светильника над рабочей поверхностью) помещения, м.

Так как высота потолков во всем здании равномерна и помещение одноэтажное, примем высоту подвеса светильника – 2,0м.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в таблице 2.4

Таблица 2.2 – Значения коэффициента η

i	$r_{\text{п}}, \%$ 70	50	30
	$r_{\text{с}}, \%$ 50	30	10
	$r_{\text{р}}, \%$ 30	10	10
0,5	28	21	18
1,0	49	40	36
3,0	73	61	58
5,0	80	67	65

Параметры для расчета количества светильников гипермаркета приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Расчетные параметры для определения количества светильников

Участок	E_{min}	k	S, м ²	Z	$\Phi_{\text{л}}, \text{лм}$	n, шт	i	η
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Торговый зал и зона перекуса	500	1,25	2910	1,1	1350	752	8,05	45
Подсобные помещения	200	1,25	1445,7	1,1	3250	119	8,05	45
Цех	300	1,25	128,8	1,1	1240	19	8,05	45

Результаты светотехнического расчета системы рабочего освещения гипермаркета приведены в таблице 2.4

Таблица 2.4 – Данные по принятым лампам и светильникам

Участок	Кол-во светильников	Тип светильника	Характеристики лампы
1	2	3	4
Торговый зал и зона перекуса	684	ДВО-680	P=36 Вт
	68	Polar WP 1036	P=36 Вт
Подсобные помещения	76	ДВО-680	P=36 Вт
	43	Polar WP 1036	P=36 Вт
Цех	8	ДВО-680	P=36 Вт
	11	Polar WP 1036	P=36 Вт

Расположение светильников сети рабочего освещения указано на листе 1 графической части работы.

2.2.2 Светотехнический расчет системы аварийного освещения

Аварийное освещение предназначено для безопасного завершения работы во время внезапного отключения сети рабочего освещения. Системы аварийного освещения следует устанавливать в помещениях с постоянно работающими людьми, а также в помещениях, в которых одновременно может находиться более 100 человек. Подробный список помещений, в которых следует устраивать систему аварийного освещения, указан в СП 52.13330.2011. Минимальная освещенность должна составлять 5% нормы и не менее 2 Лк внутри зданий.

В гипермаркете система аварийного освещения расположена либо между, либо параллельно основным светильникам. Для удовлетворения эстетических качеств светильники аварийного освещения выполняются такими же, как и светильники рабочего освещения в заданном помещении. Для достижения минимальных затрат светильники аварийного освещения использованы в

составе системы рабочего освещения. При этом в нормальном режиме работы объекта освещение выполняется как системой рабочего, так и системой аварийного освещения. При переходе в аварийный режим и отключении системы рабочего освещения, в работе должны остаться только светильники системы аварийного освещения.

2.3 Электротехнический расчет системы освещения

Целью электротехнического расчета освещения является определение сечения кабеля, которым будет выполнена осветительная сеть, а также определение потери напряжения в осветительной сети.

Так как осветительные сети являются сетями с распределенной нагрузкой, то определение потерь напряжения и проверка сечения кабельных линий по допустимому отклонению напряжения выполняются методом моментов нагрузки.

Потери напряжения на каждом участке рассчитываются по формуле:

$$\Delta U = \frac{M}{K_c \cdot S} \quad (2.8)$$

где M – момент нагрузки;

$K_c=72$ – коэффициент, зависящий от конфигурации сети и материала проводника [17, табл.10.7];

S - сечение проводника.

Момент нагрузки - это сумма произведений мощности отдельных нагрузок на длину кабеля их питающих.

Произведем расчет освещения в линии от ВРУ до самого удаленного щита освещения.

Момент нагрузки равен:

$$M = L \cdot P_{po} \quad (2.9)$$

где L – расстояния от ЩО до ВРУ;

$P_{P.O.}$ - расчетная нагрузка освещения.

$$M = 20 \cdot 27,072 = 541,44 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

Потери напряжения в кабеле питающем ЩО1:

$$\Delta U \geq 5\%$$

Распределение разводки осветительной сети по фазам выглядит следующим образом: ЩО 1(2).3

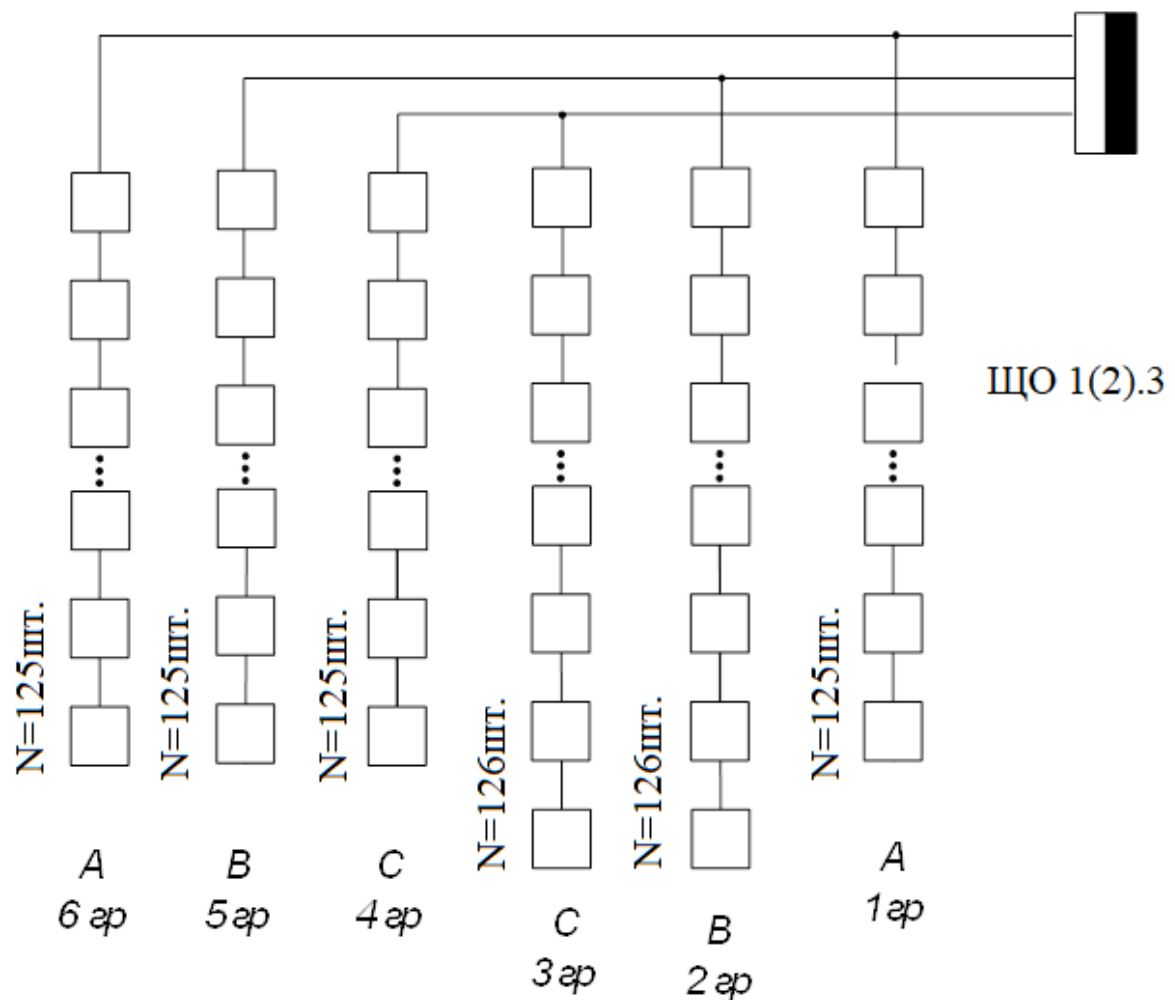


Рисунок 2.2 – План разводки осветительной сети ЩО 1(2).3

Определяем моменты нагрузки:

$$M_P = P_L \cdot N_{L.P.} \cdot (l_1 + \frac{l_2}{2}) \quad (2.10)$$

где $N_{L.P.}$ - число светильников в одном ряду;

P_L - мощность одного светильника;

L_1 – длина участка линии от осветительного щитка до первого светильника;

L_2 - длина участка линии от осветительного щитка до последнего светильника.

Проверка отклонения напряжения удовлетворяет требованиям ГОСТ 32144-2013 если:

$$\Delta U_{ВРУ-ЩО1} + \Delta U_{ГР} < \Delta U_{доп.нр.} \quad (2.10)$$

где $\Delta U_{доп.нр.} = 5\%$ - предельно допустимые потери напряжения в групповой осветительной сети.

Определяем суммарные моменты нагрузки:

$$M_{ГР1} = M_{P1} + M_{P6} \quad (2.11)$$

Определяем моменты нагрузки для фазы А:

$$M_{P1} = 0,036 \cdot 125 \cdot (6 + \frac{77}{2}) = 200,25$$

$$M_{P6} = 0,036 \cdot 125 \cdot (12 + \frac{71}{2}) = 213,75$$

$$M_{ГР1} = 200,25 + 213,75 = 414$$

$$\Delta U = 5\%$$

Определяем моменты нагрузки для фазы В:

$$M_{P2} = 0,036 \cdot 125 \cdot (8 + \frac{76}{2}) = 207$$

$$M_{P5} = 0,036 \cdot 126 \cdot (10 + \frac{73}{2}) = 211$$

$$M_{ГР1} = 207 + 211 = 418$$

$$\Delta U = 5\%$$

Определяем моменты нагрузки для фазы С:

$$M_{P3} = 0,036 \cdot 125 \cdot \left(8 + \frac{69}{2}\right) = 191$$

$$M_{P4} = 0,036 \cdot 126 \cdot \left(9 + \frac{72}{2}\right) = 204$$

$$M_{ГР1} = 191 + 204 = 395$$

$$\Delta U = \frac{395}{72 \cdot 1,5} = 3,7\%$$

$$5,0 + 3,7 < 3,98\%$$

$$8,7 > 3,98\% \text{ не проходит.}$$

Так как по отклонению напряжения кабель сечением $1,5 \text{ мм}^2$ не проходит, то выбираем кабель большим сечением $6,0 \text{ мм}^2$.

Потери напряжения в кабеле питающем ЩО 1(2).3
для кабеля сечением 6 мм^2 .

$$\Delta U = \frac{541,4}{72 \cdot 6} = 1,3\%$$

Для фазы А:

$$\Delta U = \frac{414}{72 \cdot 6,0} = 0,95\%$$

$$1,3 + 0,95 < 5\%$$

$$2,25 < 5\% \text{ проходит.}$$

Для фазы В:

$$\Delta U = \frac{418}{72 \cdot 6} = 0,97\%$$

$$1,3 + 0,97 < 5\%$$

$$2,27 < 5\% \text{ проходит.}$$

Для фазы С:

$$\Delta U = \frac{395}{72 \cdot 6} = 0,91\%$$

$$1,3 + 0,91 < 5\%; 2,21 < 5\% \text{ проходит.}$$

Кабель сечением $6,0 \text{ мм}^2$ удовлетворяет требованиям ГОСТ 32.144-2013.

2.4 Распределение несимметричной электрической нагрузки по фазам

Неравномерностью токов фаз более 15%. Необходимо оценить неравномерностью по отношению к общей мощности трехфазных и однофазных ЭП в группе.

Таблица 2.5 - Распределение несимметричной электрической ЩС1.1

Расчетные значения																																			
Вариант симметрирования нагрузки																Средние нагрузки																			
Номинальная мощность однофазных приемников, включенных:																Номинальная мощность P_n привнесения к фазам (кВт):				Ток в фазах, А															
на фазное напряжение, кВт																на линейное напряжение, кВт				для мощности к фазам															
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											
а б с ab bc ca																a b c				a b c				a b c											

Таблица 2.6 - Распределение несимметричной электрической ЩС2.1

№	Исходные данные	Вариант симметрирования нагрузки										Расчетные величины										Токи в фазах, А	Итого								
		платя, групп электроприемников, номинальное напряжение	содинакнп оион	Номинальная мощность, кВт		Коэффициент инт	Коэффициент cosφ	φ гр	Коэффициент приведения на фазное напряжение, «В»		Коэффициенты приведения к фазам		Номинальная мощность Р _н , приведенная к фазам (кВт)		Средние нагрузки		Токи в фазах, А														
				min	max				φ гр	φ гр	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b			c							
																									а	б	с	а	б	с	а
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	ЩС 2.1																														
	Гриль U _н =380 В.											7,5			ab	a	0,84	0,30		6,3			5,7								
1	1	22,5	22,5	0,9	0,65	1,17							7,5		bc	b	0,84	0,30		6,3			5,7								
														7,5	ca	c	0,84	0,30		1,2			1,1								
2	Слайсер 220 В	2	0,5	1	0,9	0,65	1,17			0,5	0,5									0	0,5	0,5	0,0	0,5	0,5	0,0	0,5	0,5			0,5
3	Термоупаковщик 220 В	7	0,5	3,5	0,9	0,65	0,50		1,5	1	1									1,5	1	1	1,4	0,9	0,9	0,7	0,5	0,5			1,75
4	Шкаф холодильный 220 В	3	1	3	0,9	0,65	1,17		1	1	1									1	1	1	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,1			3,0
5	Горячий стол 220 В	5	0,5	2,5	0,8	0,65	1,17		1	1	0,5									1	1	0,5	0,8	0,8	0,4	0,9	0,9	0,5			1,25
6	Аквариум 220 В	1	2	2	0,8	0,65	1,17		1	1	1									0	1	1	0,0	0,8	0,8	0,0	0,9	0,9			4
7	Генератор 220 В	4	0,65	2,6	0,8	0,65	1,17		1,3	1,3	1,3									1,3	0	1,3	1,0	0,0	1,0	1,2	0,0	1,2			1,69
	Итого однофазная нагрузка	23	1	22,5	37,1				4,8	4,5	5,3	7,5	7,5	7,5						12,3	12,0	12,8	10,8	10,6	11,2	11,8	11,8	69,6	73,2	518,4	
Несимметрия токов фаз -						6,2	%	Неравномерность загрузки фаз ≤ 18%, такую нагрузку можно считать симметричной. Эквивалентная трехфазная нагрузка однофазных ЭП представляется в расчете (форма Ф66-92) как сумма всех однофазных нагрузок.																							

Таблица 2.7 - Распределение несимметричной электрической ЩС3.1

№		Исходные данные										Вариант симметризации нагрузки										Расчетные величины										Токи в фазах, А						n.p. уст																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		электроприемников, номинальное напряжение		число		номинальная мощность, кВт		коэффициент мощности		коэффициент		коэффициент		номинальная мощность, кВт		коэффициент		коэффициент		номинальная мощность, кВт		коэффициент		коэффициент		номинальная мощность, кВт		коэффициент		коэффициент										номинальная мощность, кВт		коэффициент		коэффициент																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
						суммарная		фазная		линейная		фазная		линейная		фазная		линейная		фазная		линейная		фазная		линейная		фазная		линейная										фазная		линейная		фазная		линейная																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
						мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс									мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс	мин	макс

Таблица 2.8 - Распределение несимметричной электрической ЩС3.2

Исходные данные										Вариант симметризации нагрузки										Расчетные значения												
№	Наименование устройств, групп электроприемников, номинальное напряжение	Коэффициент несимметрии, %					Коэффициент использования K _п	Номинальная мощность однофазных потребителей, кВт					Коэффициенты привнесения к фазам					Номинальная мощность P _н , приведенная к фазам (кВт)					Средние нагрузки					Токи в фазах, А				
		до 100 В						на фазное напряжение, кВт					на фазное напряжение, кВт					на фазное напряжение, кВт					на фазное напряжение, кВт					на фазное напряжение, кВт				
		min	max	ср	ср	ср		a	b	c	ab	bc	ca	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
	ЩС3.2																															
1	Щкаф распреочный 220 В	1		4,5	4,5	0,8	1	0,00		4,5									0	4,5	0		0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0				20,25
2	Миксер 220 В	1		0,4	0,4	0,8	1	0,00		0,4									0	0,4	0		0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0				0,16
3	Бойлер 220 В	3		2,5	7,5	0,8	1	0,00		2,5	5								0	2,5	5		0,0	2,0	4,0	0,0	0,0	0,0				18,75
4	Щкаф холодильный 220 В	2		0,7	1,4	0,8	1	0,00		1,4									0	1,4	0		0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0				0,98
5	Щкаф холодильный 220 В	1		1,4	1,4	0,8	1	0,00		1,4									0	1,4	0		0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0				1,96
6	Мукомольщик 220 В	1		1,1	1,1	0,8	1	0,00		1,1									0	1,1	0		0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0				1,21
7	Термоупаковщик 220 В	4		0,5	2	0,8	1	0,00	2										2	0	0		1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				1
8	Хлебобрезка 220 В	1		0,5	0,5	0,8	1	0,00		0,5									0	0,5	0		0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0				0,25
9	Танцлер 220 В	1		6	6	0,8	1	0,00	6										6	0	0		4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				36
10	Тестомятка 220 В	1		1,1	1,1	0,8	1	0,00			1,1								0	1,1	0		0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0				1,21
11	Сушаробилка 220 В	1		0,7	0,7	0,8	1	0,00			0,7								0	0	0,7		0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0				0,49
12	Чайник 220 В	1		1,5	1,5	0,8	1	0,00	1,5										1,5	0	0		1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				2,25
13	СВЧ печь 220 В	1		1,2	1,2	0,8	1	0,00	1,2										1,2	0	0		1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				1,44
14	Рабочее место, компьютер 220 В	4		1	4	0,8	1	0,00			4								0	0	4		0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0				4
	Итого однофазная нагрузка	23	0	6	33,3				10,7	11,8	10,8	#####	#####	#####	#####				10,7	11,8	10,8		8,6	9,4	8,6	0,0	0,0	0,0	37,2	41,0	37,6	44,3
Несимметрия токов фаз -						10,3		%		Неравномерность загрузки фаз ≤15%, такую нагрузку можно считать симметричной. Эквивалентная трехфазная нагрузка однофазных ЭП составляется в расчете (форма Ф636-92) как сумма всех однофазных нагрузок.																						

Таблица 2.9 - Распределение несимметричной электрической ЩС4.1

Исходные данные		Вариант симметрирования нагрузки										Расчетные величины																				
		НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ ОДНОФАЗНЫХ НАГРУЗОК, кВт										НОМИНАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ Р _ф , приведенная к фазам (кВт)						Средние нагрузки Q _{ср} , кВт·Ар														
		на фазное напряжение, кВт			на линейное напряжение, кВт			коэффициенты приведения для симметризации нагрузки				а			b			с			а			b			с					
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				
№	наименование, группа электроприемников, номинальное напряжение, В	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Токи в фазах, А	Итого
1	ЩС4.1																															
	Пароконвектомат U _н =360 В.											6,4			ab	a	0,84	0,30	5,4			4,8			1,7							
1		1	19	19		0,9	0,65	1,17					6,3		bc	b	0,84	0,30		5,3	1,0		4,7			1,7						361,0
														6,3	sa	c	0,84	0,30			5,3			4,7								
																			1,0			0,9			5,0							
2	Пароконвектомат U _н =380 В.											3,3			ab	a	0,84	0,30	2,8			2,5			0,9							100,0
		1	10	10		0,9	0,65	1,17					3,3		bc	b	0,84	0,30		2,8	0,5		2,5			0,9						
															sa	c	0,84	0,30			2,8			2,6			0,9					
														3,4					0,6			0,5			2,7							
	Сковорода U _н =380 В.											4			ab	a	0,84	0,30	3,3	0,7		3,0			1,1							
3		1	12	12		0,9	0,65	1,17					4		bc	b	0,84	0,30		3,3	0,7		3,0			1,1						144,0
															sa	c	0,84	0,30			3,3			3,0			1,1					
																			0,7			0,6			3,1							
	Плита U _н =380 В.											5,5			ab	a	0,84	0,30	4,6	0,9		4,1			1,5							
4		1	16,4	16,4		0,9	0,65	1,17					5,5		bc	b	0,84	0,30		4,6	0,9		4,1			1,5						269,0
															sa	c	0,84	0,30			4,5			4,1			1,4					
														5,4					0,9			0,8			4,2							
	Фритюрница U _н =380 В.											2,7			ab	a	0,84	0,30	2,3	0,4		2,0			0,7							
5		1	8	8		0,9	0,65	1,17					2,7		bc	b	0,84	0,30		2,3	0,4		2,0			2,1						64,0
															sa	c	0,84	0,30			2,2			2,0			0,7					
														2,6					0,4			0,4			2,0							
	Итого однофазная нагрузка	5	8	19	65,4				#####	#####	#####	21,9	21,8	21,7					21,9	21,8	21,7	19,7	19,6	19,5	22,9	23,0	22,9	131,2	131,5	130,9	938,0	
Несимметрия токов фаз -		0,5						%						Неравномерность загрузки фаз ≤ 15%, такую нагрузку можно считать симметричной. Эквивалентная трехфазная нагрузка однофазных ЭП представляется в расчете (форма Ф636-92) как сумма всех однофазных нагрузок.																		

Таблица 2.10 - Распределение несимметричной электрической ЩС4.2

Исходные данные										Вариант симметрирования нагрузки										Расчетные величины										Токи в фазах, А	Ток в фазе, А			
№	наименование группы электроприемников, номинальное напряжение	номинальная мощность, кВт			коэффициент использования K _н	коэффициент несимметрии K _н	на фазное напряжение, кВт			на линейное напряжение, кВт			коэффициенты приведения для нагрузки в фазе			номинальная мощность P _н , приведенная к фазам (кВт)			средние нагрузки			Q _{ср} , кВт.Ар												
		min	с	max			a	b	c	ab	bc	ca	a	b	c	p	q	r	a	b	c	a	b	c	a	b	c							
		min	с	max			a	b	c	ab	bc	ca	a	b	c	p	q	r	a	b	c	a	b	c	a	b	c							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	1,96		
1	ЩС4.2	1		1,4	1,4	0,8	1	0,00			1,4								0	0	1,4	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0							
2	Щкаф холодильный 220 В	2		0,5	1	0,8	1	0,00		1									0	1	0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0							
3	Плита 220 В	1		4	4	0,8	1	0,00	4										4	0	0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						16	
4	Мясорубка 220 В	1		1,4	1,4	0,8	1	0,00			1,4								0	0	1,4	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0						1,96	
5	Миксер 220 В	1		0,4	0,4	0,8	1	0,00		0,4									0	0,4	0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0						0,16	
6	Рабочее место, компьютер 220 В	1		1	1	0,8	1	0,00		1									0	1	0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0						1	
	Итого однофазная нагрузка	7	0	4	9,2				4	2,4	2,8		#####	#####	#####				4,0	2,4	2,8	3,2	1,9	2,2	0,0	0,0	0,0		9,9	9,3	9,7	21,6		
Несимметрия токов фаз -							6,0	%	Неравномерность загрузки фаз ≤ 15%, такую нагрузку можно считать симметричной. Эквивалентная трехфазная нагрузка однофазных ЭП представляется в расчете (форма Ф636-92) как сумма всех однофазных нагрузок.																									

2.5 Расчет нагрузки главного распределительного устройства объекта

Суммарная мощность здания, кВт:

$$P_{\text{гипермаркета}} = P_{\text{зона перекуса}} + P_{\text{подсобные помещения}} + P_{\text{цех}} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{зона перекуса}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}} + P_{\text{тепл.}}) \quad (2.13)$$

$$P_{\text{подсобные помещения}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}} + P_{\text{тепл.}}) \quad (2.14)$$

$$P_{\text{цех(3)}} = K \cdot (P_{\text{роз.}} + P_{\text{осв.}} + P_{\text{охл.}} + P_{\text{тепл.}}),$$

где К- коэффициент максимума использования;

$P_{\text{роз.}}$ - мощности розеточной группы;

$P_{\text{осв.}}$ - мощность осветительной нагрузки ;

$P_{\text{охл.}}$ - мощность систем охлаждения;

$P_{\text{тепл.}}$ - мощность тепловой нагрузки.

Расчет осветительной нагрузки:

(2.15)

$$P_{\text{осв.нагр}} = P_{\text{освет.}} \cdot K_c,$$

где $P_{\text{освет.}}$ – суммарная мощность осветительной нагрузки ;

K_c – расчетный коэффициент спроса.

$$P_{\text{осв.нагр(1)}} = 27,072 \cdot 0,95 = 25,718 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{осв.нагр(2)}} = 4,284 \cdot 0,95 = 4,07 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{осв.нагр(3)}} = 0,684 \cdot 0,95 = 0,65 \text{ кВт}$$

Расчет мощности розеточной группы, кВт:

$$P_{\text{роз.гр}} = P_{\text{уд.р.}} \cdot n \cdot K_c \quad (2.16)$$

где $P_{\text{уд.р.}}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт

n – число розеток.

$$P_{роз.эр(1)} = 0,06 \cdot 141 \cdot 0,8 = 6,768 \text{ кВт}$$

$$P_{роз.эр(2)} = 0,06 \cdot 134 \cdot 0,6 = 4,824 \text{ кВт}$$

$$P_{роз.эр(3)} = 0,06 \cdot 35 \cdot 0,4 = 0,84 \text{ кВт}$$

Расчет силового оборудования, кВт:

$$P_{сил.охл.} = P_{охл.конд.} \cdot K_c \quad (2.17)$$

где $P_{охл.конд.}$ - суммарная мощность систем охлаждения.

$$P_{сил.охл.(1)} = 30,0 \cdot 0,6 = 18 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.охл.(2)} = 21 \cdot 0,6 = 12,6 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.охл.(3)} = 24 \cdot 0,6 = 14,4 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.тепл.} = P_{тепл.} \cdot K_c \quad (2.18)$$

где $P_{тепл.}$ - суммарная мощность тепловой нагрузки.

$$P_{сил.тепл.(1)} = 68,0 \cdot 0,8 = 54,4 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.тепл.(2)} = 48 \cdot 0,8 = 38,4 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.тепл.(3)} = 32 \cdot 0,8 = 25,6 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.пр.обор.} = P_{пр.обор.} \cdot K_c \quad (2.18)$$

где $P_{пр.обор.}$ - суммарная мощность прочих приборов.

$$P_{сил.пр.обор.(1)} = 28,9 \cdot 0,6 = 17,34 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.пр.обор.(2)} = 18,4 \cdot 0,6 = 11,04 \text{ кВт}$$

$$P_{сил.пр.обор.(3)} = 9,2 \cdot 0,6 = 5,52 \text{ кВт}$$

Определение электрической нагрузки ЭП в целом по гипермаркету:

$$P_{\text{гипермаркета}} = 0,85(25,718 + 4,07 + 0,65 + 3,384 + 3,216 + 0,84 + 18 + 12,6 + 14,4 + 54,4 + 38,4 + 25,6 + 17,34 + 11,04 + 5,52) = 199,9 \text{ кВт}$$

Гипермаркет по характеру помещения окружающей среды относится к классу нормальной средой, характеристика помещения сухое, в котором отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным помещениям и помещениям с химически активной средой.

Характерной особенностью силовых сетей общественных зданий является их большая протяженность и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры. Проектируемая схема электроснабжения выполнена на рисунке 2.3

где ЩС1.1, ЩС 1.2 – щит силовой зона перекуса;

ЩС 2.1, ЩС 2.2 – щит силовой торговый зал;

ЩС 3.1, ЩС 3.2. ЩС 3.3 – подсобные помещения;

ЩС 4.1, ЩС 4.2 – цех;

ЩО1(2).3 – щит освещения зона перекуса и торговый зал;

ЩО 3.4 – щит освещения подсобные помещения

ЩО 4.3 – щит освещения цеха

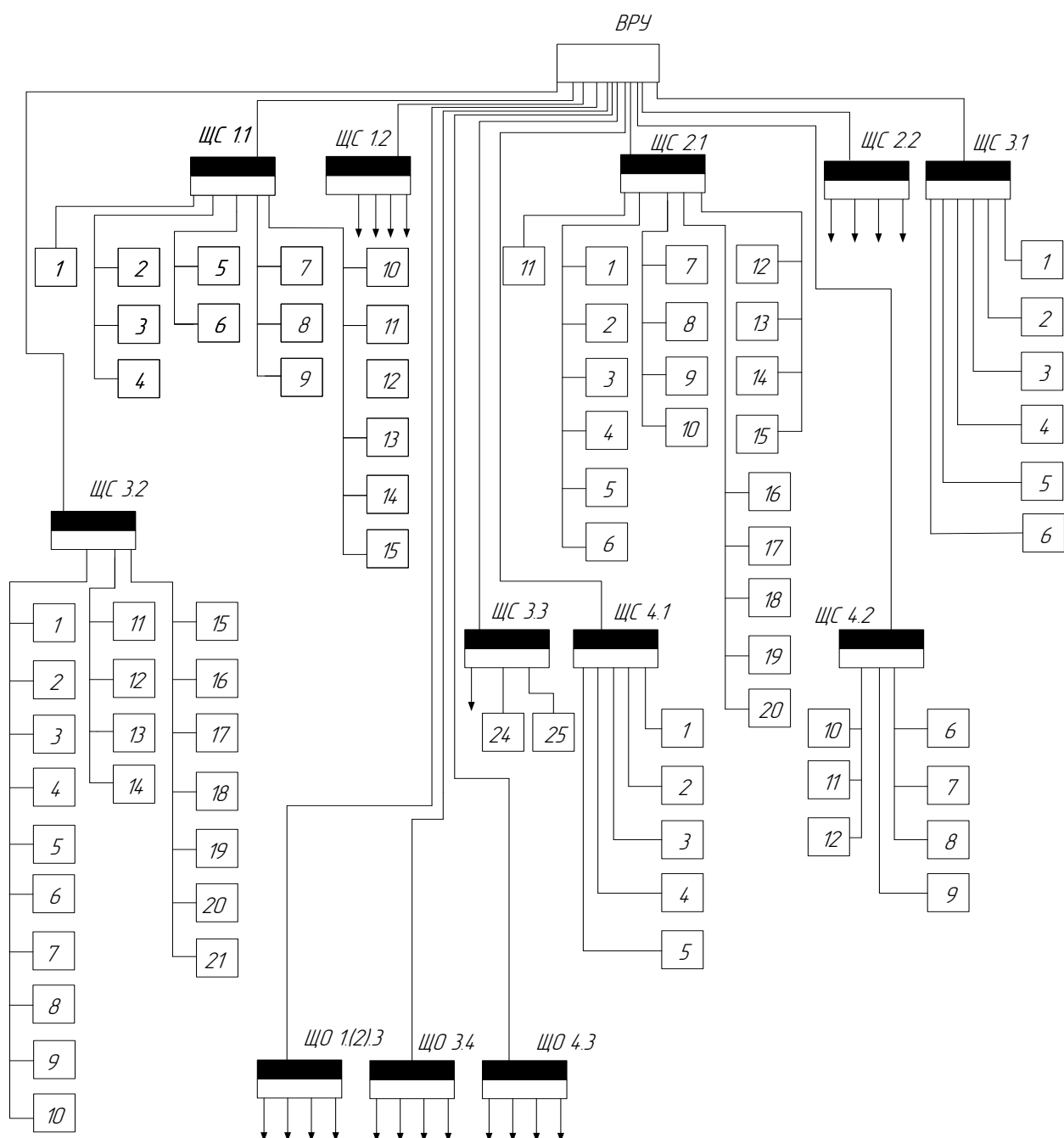


Рисунок 2.3 – Распределение электроэнергии по гипермаркету

Электра приемники приведены в таблице 2.1.

3 Проектирование сети внутреннего электроснабжения

Расчетную нагрузку, создаваемую одним приемников электроэнергии принимают равной номинальной мощности приемника. По этой нагрузке выбираем сечение питающего кабеля и коммутационно защитную аппаратуру.

Расчет первого уровня электроснабжения:

Фритюрница AIRHOT EF4: $P_2=2000$ Вт; $K_c=0,8$; $\cos\varphi=0,65$; $U=220$ В; $K=3$.

Определим полную мощность электроприемника:

$$S=P/\cos\varphi, \text{ кВА} \quad (3.1)$$

$$S=2,0/0,65=3,1 \text{ кВА}$$

Определим расчетный ток электроприемника, А:

$$I=S/U \quad (3.2)$$

$$I=3,1/220 \cdot 1000=14,1 \text{ А}$$

Определим ток пусковой электроприемника, А:

$$I_{\text{пуск}}=I \cdot K \quad (3.3)$$

где K – кратность пускового тока

$$I_{\text{пуск}}=14,1 \cdot 3=42,3, \text{ А}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных электроприемников, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 3.1

Таблица 3.1 – Расчет первого уровня электроснабжения

№ п/п	Наименование ЭП	количество ЭП n, шт	Мощность ЭП, P,Вт	Класс U,В	cosφ	S расч, ВА	Ip , А	Ипуск , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Зона перекуса							
1	Печь для пиццы ITRIZZA ML 44	1	12000	380	0,65	18462	48,6	-
2	Горячий стол	1	500	220	0,65	769	3,5	-
3	Фритюрница AIRHOT EF4	1	2000	220	0,65	3077	14,0	-
4	Шаурма ЭЛ М	1	3000	220	0,65	4615	21,0	-
5	Гриль	1	1800	220	0,65	2769	12,6	-
6	Посудомоечная машина бытовая	1	2000	220	0,65	3077	14,0	-
7	Посудомоечная машина бытовая	1	2000	220	0,65	3077	14,0	-
8	Мармит	1	400	220	0,65	615	2,8	-
9	Мармит	1	400	220	0,65	615	2,8	-
10	Мармит	1	400	220	0,65	615	2,8	-
11	Мармит	1	400	220	0,65	615	2,8	-
12	Морозилка бытовая	1	600	220	0,65	923	4,2	12,6
13	Морозилка бытовая	1	600	220	0,65	923	4,2	12,6
14	Блинница	1	3000	220	0,65	4615	21,0	-
15	СВЧ печь	1	1500	220	0,65	2308	10,5	-
	Торговый зал							
1	Слайсер	1	500	220	0,65	769	3,5	-
2	Слайсер	1	500	220	0,65	769	3,5	-
3	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
4	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
5	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
6	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
7	Шкаф холодильный	1	1000	220	0,65	1538	7,0	21,0
8	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
9	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
10	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
11	Гриль	1	22500	380	0,65	34615	91,1	-
12	Горячий стол	1	500	220	0,65	769	3,5	-
13	Горячий стол	1	500	220	0,65	769	3,5	-
14	Горячий стол	1	500	220	0,65	769	3,5	-
15	Аквариум	1	2000	220	0,65	3077	14,0	42,0
16	Льдогенератор	1	650	220	0,65	1000	4,5	13,6
17	Горячий стол	1	500	220	0,65	769	3,5	-
18	Горячий стол	1	500	220	0,65	769	3,5	-
19	Шкаф холодильный	1	1000	220	0,65	1538	7,0	21,0
20	Шкаф холодильный	1	1000	220	0,65	1538	7,0	21,0

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Подсобные помещения							
1	Печь конвекционная	1	16000	380	0,65	24615	64,8	194,3
2	Печь конвекционная	1	16000	380	0,65	24615	64,8	194,3
3	Печь ротационная Revent	1	54600	380	0,65	84000	221,1	663,2
4	Печь ротационная Revent	1	54600	380	0,65	84000	221,1	663,2
5	Тестомес	1	10500	380	0,65	16154	42,5	127,5
1	Шкаф расстоечный	1	4500	220	0,65	6923	31,5	-
2	Миксер	1	400	220	0,65	615	2,8	-
3	Бойлер	1	2500	220	0,65	3846	17,5	-
4	Шкаф холодильный	1	700	220	0,65	1077	4,9	14,7
5	Мукопросеиватель	1	1100	220	0,65	1692	7,7	23,1
6	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
7	Хлеборезка	1	500	220	0,65	769	3,5	10,5
8	Тандыр	1	6000	380	0,65	9231	24,3	-
9	Тестозакатка	1	1100	220	0,65	1692	7,7	23,1
10	Бойлер	1	2500	220	0,65	3846	17,5	-
11	Сухародробилка	1	750	220	0,65	1154	5,2	15,7
12	Шкаф холодильный	1	1400	220	0,65	2154	9,8	29,4
13	Чайник	1	1500	220	0,65	2308	10,5	-
14	Холодильник бытовой	1	700	220	0,65	1077	4,9	14,7
15	СВЧ	1	1200	220	0,65	1846	8,4	-
16	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
18	Рабочее место, компьютер	1	1000	220	0,65	1538	7,0	-
19	Рабочее место, компьютер	1	1000	220	0,65	1538	7,0	-
20	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
21	Термоупаковщик	1	500	220	0,65	769	3,5	-
22	Рабочее место, компьютер	1	1000	220	0,65	1538	7,0	-
23	Рабочее место, компьютер	1	1000	220	0,65	1538	7,0	-
24	Завеса тепловая вертикальная ТЕПЛОМАШ	1	24000	380	0,65	36923	97,2	291,5
25	Завеса тепловая вертикальная ТЕПЛОМАШ	1	24000	380	0,65	36923	97,2	291,5
	Цех							
1	Пароконвектомат	1	19000	380	0,65	29231	76,9	230,8
2	Пароконвектомат	1	10000	380	0,65	15385	40,5	121,5
3	Сковорода	1	12000	380	0,65	18462	48,6	-
4	Плита	1	16400	380	0,65	25231	66,4	-
5	Фритюрница	1	8000	380	0,65	12308	32,4	-
6	Шкаф холодильный	1	1400	220	0,65	2154	9,8	29,4
7	Плита	1	4000	220	0,65	6154	28,0	-
8	Шкаф холодильный	1	500	220	0,65	769	3,5	10,5

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	1
9	Шкаф холодильный	1	500	220	0,65	769	3,5	10,5
10	Мясорубка	1	1400	220	0,65	2154	9,8	29,4
11	Миксер	1	400	220	0,65	615	2,8	8,4
12	Рабочее место, компьютер	1	1000	220	0,65	1538	7,0	-

3.1 Выбор сечений проводов и кабелей

Сечения кабеля линий выбраны по условию максимально допустимого нагрева, вызванного длительного максимального тока.

Выбор сечений кабельной линии, питающей силовые пункты сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км
1	2	3	4	5	6
ВРУ	468	3хВВГ – 5х120	657	0,261	0,0602
Щит 1.1.	105,3	ВВГ-5х50	126	0,625	0,0625
Щит 1.2	15	ВВГ-5х2,5	19	12,5	0,104
Щит 2.1	128,1	ВВГ-5х70	155	0,447	0,0612
Щит 2.2	91,8	ВВГ-5х35	101	0,894	0,0637
Щит 1(2).3	109,6	ВВГ-5х50	126	0,625	0,0625
Щит 3.1	536,3	3хВВГ – 5х95	570	0,329	0,0602
Щит 3.2	82,2	ВВГ-5х35	101	0,894	0,0637
Щит 3.3	189,2	ВВГ – 5х95	190	0,329	0,0602
Щит 3.4	17,3	ВВГ-5х2,5	19	12,5	0,104
Щит 4.1	238,3	2хВВГ-5х50	252	0,625	0,0625
Щит 4.2	33,5	ВВГ -5х10	46	3,12	0,073
Щит 4.3	4,8	ВВГ-5х2,5	19	12,5	0,104

Выбор сечений кабельных линий, отходящих от щитков, кабельных линий, питающих отдельные потребители сведем в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Выбор сечений проводов и кабельных линий

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$X_{уд.кл.}$, Ом/км
1	2	3	4	5	6
Щит №1.1					
линия 1	43,7	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073
линия2	30,8	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 3	26,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
линия 4	30,8	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 5	17,6	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
Щит №1.2					
линия 1	8,4	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	10,5	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 3	7	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
Щит №2.1					
линия 1	18,9	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	15,7	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 3	82	ВВГ – 5х25	88	1,25	0,0662
линия 4	22	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 5	23	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
Щит №2.2					
линия 1	20,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 3	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 4	37,8	ВВГ -3х10	50	3,12	0,073
линия5	18,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
линия 6	18,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
Щит освещения ЩО 1(2).3					
линия 1	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия2	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 3	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 4	31,7	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 5	31,7	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
линия 6	31,5	ВВГ – 3х6	37	5,21	0,09
Щит № 3.1					
линия 1	58,3	ВВГ -5х16	62	1,95	0,0675

Окончание таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6
линия2	51,8	ВВГ -5х16	62	1,95	0,0675
линия 3	198,9	ВВГ -5х95	204	0,329	0,0602
линия 4	176,8	ВВГ -5х95	204	0,329	0,0602
линия 5	34	ВВГ -5х6	37	1,95	0,0675
линия 6	19,4	ВВГ -5х4	29	7,81	0,095
Щит №3.2					
линия 1	60,3	ВВГ -3х16	62	1,95	0,0675
линия2	26,3	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095
линия 3	54,4	ВВГ -3х16	62	1,95	0,0675
Щит № 3.3					
линия 1	15,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	37,8	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073
линия 3	31,5	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073
линия 4	31,5	ВВГ – 3х10	50	3,12	0,073
линия 5	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,894	0,0637
линия 6	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,894	0,0637
Щит освещения ЩО 3.4					
линия 1	7,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	6,3	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 3	9,1	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия 4	6,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
Щит № 4.1					
линия 1	61,5	ВВГ -5х16	67	1,95	0,0675
линия2	36,4	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073
линия 3	43,7	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073
линия 4	59,8	ВВГ -5х16	67	1,95	0,0675
линия 5	29,1	ВВГ – 5х6	37	5,21	0,09
Щит№ 4.2					
линия 1	16,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия2	25,2	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
линия3	17,6	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095
Щит освещения ЩО 4.3					
линия 1	4,8	ВВГ -3х4	29	7,81	0,095

3.2 Выбор коммутационных аппаратов

Выбор автоматических выключателей производим по условию:

а) по номинальному току:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_p \quad (3.4)$$

где $I_{\text{ср.рас.}}$ – номинальный ток автомата, А.

б) по номинальному току теплового расцепителя:

$$I_{\text{НОМ.Т.В.}} \geq K_n \cdot I_p \quad (3.5)$$

где $I_{\text{НОМ.Т.В.}}$ – номинальный ток срабатывания токовой отсечки, А;

$K_n=1,1$ – коэффициент надежности.

в) по условию защиты автомата защищаемая линия, должна быть согласована по условию:

$$I_{\text{ср.рас.}} \geq I_3 \quad (3.6)$$

$$I_{\text{ср.рас.}} \leq (K_{\text{ус.прок.}} \cdot I_{\text{доп}}) / K_{\text{заш}} \quad (3.7)$$

где $K_{\text{ус.прок}}$ - прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля [7, УП];

$I_{\text{доп}}$ - длительный ток кабеля, А;

$K_{\text{заш}}$ – коэффициент защиты, который равен 1, представляющий собой отношения длительного тока для провода или кабеля к параметру защитного устройства, [1, таб.7.6];

I_3 - ток срабатывания автомата.

Выбор вводных автоматов на силовой пункт сведем в таблицу 3.2

Таблица 3.4 - Выбор вводных автоматов на силовой пункт

№	I_p, A	Сечение кабеля	$\Sigma I_{\text{доп}}, \text{A}$	$K_{\text{ус.прок}}$	$K_{\text{заш}}$	$I_{\text{доп}}, \text{A}$	Тип выключателя	Номинальный ток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ВРУ	468	3хВВГ – 5х120	657	0,95	1	219	DPX3 630 3P 630A 36kA	630
Щит 1.1.	105,3	ВВГ-5х50	115,8	0,95	1	126	DPX 160 3P 125A 16kA	125
Щит 1.2	15	ВВГ-5х2,5	16,5	0,95	1	19	DX3 3П D20A	20

Окончание таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Щит 2.1	128,1	ВВГ-4х70	140,9	0,95	1	155	DPX 160 3P 160A 16kA	160
Щит 2.2	91,8	ВВГ-5х50	101	0,95	1	19	DPX 160 3P 100A 16kA	100
Щит 1(2).3	109,6	ВВГ-5х50	120,6	0,95	1	126	DPX 160 3P 125A 16kA	125
Щит 3.1	536,3	3хВВГ – 5х95	567,5	0,95	1	190	DPX3 630 3P 630A 36kA	630
Щит 3.2	82,2	ВВГ-5х50	123,6	0,95	1	126	DPX 160 3P 100A 16kA	100
Щит 3.3	189,2	ВВГ – 5х95	208,1	0,95	1	190	DPX3 630 3P 250A 36kA	250
Щит 3.4	17,3	ВВГ-5х2,5	24,2	0,95	1	24	DX3 3П D20A	20
Щит 4.1	238,3	2хВВГ-5х50	262,1	0,95	1	126	DPX3 630 3P 125A 36kA	125
Щит 4.2	33,5	ВВГ -5х10	36,9	0,95	1	46	DX3 3П D50A	50
Щит 4.3	4,8	ВВГ-5х2,5	5,3	0,95	1	19	DX3 3П D20A	20

Выбор автоматов защиты отходящих линий сведем в таблицу 3.5

Таблица 3.5 – Выбор автоматов защиты отходящих линий

№	Т	р	, А	к	а	к	а	Б	о	п	у	с	п	р	с	а	с	р	а	с	П	а	в	т	о	м	а	т	о	к	а	я	с	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																									
Щит №1.1																																		
линия 1	43,7	ВВГ – 5х10	50	0,95	1	47,5	DX3 3П C50A	50	6000																									
линия2	30,8	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	35,2	DX3 1П C32A	32	6000																									
линия 3	26,9	ВВГ – 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000																									
линия 4	30,8	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	47,5	DX3 1П C40A	40	6000																									
Линия 5	17,6	ВВГ- 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C32A	32	6000																									
Щит №1.2																																		
линия 1	8,4	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C25A	25	6000																									
линия2	10,5	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C25A	25	6000																									
линия 3	7	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C25A	25	6000																									
Щит №2.1																																		
линия 1	18,9	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C25A	25	6000																									
линия2	15,7	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C25A	25	6000																									
линия 3	82	ВВГ – 5х25	88	0,95	1	83,6	DX3 3П C100A	100	16000																									
линия 4	22	ВВГ – 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C25A	25	6000																									
линия 5	23	ВВГ – 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П C25A	25	6000																									
Щит №2.2																																		

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
линия2	31,5	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	47,5	DX3 1П С40А	40	6000
линия 3	31,5	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	47,5	DX3 1П С40А	40	6000
линия 3	37,8	ВВГ – 3х10	50	0,95	1	47,5	DX3 1П С40А	40	6000
линия 4	18,9	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
линия 5	18,9	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
Щит освещения ЩО 1(2).3									
линия 1	31,5	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	35,2	DX3 1П С40А	40	6000
линия2	31,5	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	35,2	DX3 1П С40А	40	6000
линия 3	31,5	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	35,2	DX3 1П С40А	40	6000
линия 4	31,7	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	35,2	DX3 1П С40А	40	6000
линия 5	31,7	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	35,2	DX3 1П С40А	40	6000
линия 6	31,5	ВВГ – 3х6	40	0,95	1	35,2	DX3 1П С40А	40	6000
Щит № 3.1									
линия 1	58,3	ВВГ -5х16	62	0,95	1	58,9	DX3 3П С63А	63	6000
линия2	51,8	ВВГ -5х16	62	0,95	1	58,9	DX3 3П С63А	63	6000
линия 3	198,9	ВВГ -5х95	204	0,95	1	193,8	DX3 3П С200А	200	16000
линия 4	176,8	ВВГ -5х95	204	0,95	1	193,8	DX3 3П С200А	200	16000
линия 5	34	ВВГ -5х6	45	0,95	1	42,3	DX3 3П С40А	40	6000
линия 6	19,4	ВВГ -5х4	29	0,95	1	27,6	DX3 3П С25А	25	6000
Щит №3.2									
линия 1	60,3	ВВГ -3х16	62	0,95	1	58,9	DX3 1П С63А	63	6000
линия2	26,3	ВВГ – 3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
линия 3	54,4	ВВГ -3х16	62	0,95	1	58,9	DX3 1П С63А	63	6000
Щит № 3.3									
линия 1	15,1	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
линия2	37,8	ВВГ – 3х10	50	0,95	1	47,5	DX3 1П С40А	40	6000
линия 3	31,5	ВВГ – 3х10	50	0,95	1	47,5	DX3 1П С40А	40	6000
линия 4	31,5	ВВГ – 3х10	50	0,95	1	47,5	DX3 1П С40А	40	6000
линия 5	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,95	1	103,6	DX3 3П С100А	100	16000
линия 6	97,2	ВВГ – 5х35	109	0,95	1	103,6	DX3 3П С100А	100	16000
Щит освещения ЩО 3.4									
линия 1	7,8	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
линия2	6,3	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
линия 3	9,1	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
линия 4	6,8	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
Щит № 4.1									
линия 1	61,5	ВВГ -5х16	62	0,95	1	58,9	DX3 3П С63А	63	6000

Окончание таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
линия2	36,4	ВВГ – 5х10	50	0,95	1	47,5	DX3 3П С40А	40	6000
линия 3	43,7	ВВГ – 5х10	50	0,95	1	47,5	DX3 3П С50А	50	6000
линия 4	59,8	ВВГ -5х16	62	0,95	1	58,9	DX3 3П С63А	63	6000
линия 5	29,1	ВВГ – 5х6	40	0,95	1	35,2	DX3 3П С32А	32	6000
Щит№ 4.2									
линия 1	16,8	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
линия2	25,2	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
линия 3	17,6	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000
Щит освещения ЩО 4.3									
линия 1	4,8	ВВГ -3х4	29	0,95	1	27,6	DX3 1П С25А	25	6000

3.3 Выбор распределительных пунктов

Распределительные пункты выбираем исходя из количества присоединений и рабочего тока самого пункта [1,стр.187]

Таблица 3.6 – Выбор распределительных пунктов

№	I _p , А	Тип РП	Число отходящих линий
1	2	3	4
Щит 1.1.	105,3	ПР11-1045-21-уз	5
Щит 1.2	15	ПР11-3055-21-уз	3
Щит 2.1	128,1	ПР11-1045-21-уз	5
Щит 2.2	8	ПР11-3055-21-уз	6
Щит 1(2).3	109,6	ПР11-3055-21-уз	6
Щит 3.1	515,9	ПР11-3055-21-уз	6
Щит 3.2	112,4	ПР11-1045-21-уз	3
Щит 3.3	189,2	ПР11-3055-21-уз	6
Щит 3.4	17,3	ПР11-3055-21-уз	6
Щит 4.1	238,3	ПР11-3055-21-уз	5
Щит 4.2	33,5	ПР11-1045-21-уз	3
Щит 4.3	4,8	ПР11-3055-21-уз	6

3.4 Проверка по допустимым потерям напряжения

После того как произвели выбор сечение кабеля по длительно допустимому току, нужно проверить кабель на допустимые потери напряжения. Отклонение напряжения присоединенных к сети токоприемников не выходило за пределы допустимого по ГОСТ 32144-2013.

По длине линии присоединено несколько (n) нагрузок:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \sum_0^n I_{расч.} \cdot L \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), B \quad (3.8)$$

где $I_{расч.}$ – расчетный ток, А;

L – длина участка, км;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

r_0 и x_0 - значения активных и реактивных сопротивлений определяем по таблице 2-5 [8].

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Проверка по допустимым потерям напряжения

№	I_p , А	Марка кабеля	$I_{доп}$, А	$r_{уд.кл.}$, Ом/км	$x_{уд.кл.}$, Ом/км	\cos	\sin	L , км	Потери, В	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Щит №1.1										
линия 1	43,7	ВВГ – 5х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,091	14,3	3,8
линия2	30,8	ВВГ – 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,096	17,8	4,7
линия 3	26,9	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,079	18,9	5,0
линия 4	30,8	ВВГ – 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,101	18,6	4,9
линия 5	17,6	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,103	16,1	4,2
Щит №1.2										
линия 1	8,4	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,103	7,7	2,0
линия2	10,5	ВВГ – 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,104	9,7	2,6

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
линия 3	7	ВВГ - 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,105	6,6	1,7
Щит №2.1										
линия 1	18,9	ВВГ - 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,074	12,5	3,3
линия2	15,7	ВВГ - 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,072	10,1	2,7
линия 3	82	ВВГ - 5х25	88	1,25	0,0662	0,65	0,86	0,071	8,8	2,3
линия 4	22	ВВГ - 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,069	13,5	3,6
линия 5	23	ВВГ - 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,065	13,4	3,5
Щит №2.2										
линия 1	20,1	ВВГ - 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,075	13,4	3,5
линия2	31,5	ВВГ - 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,076	14,4	3,8
линия 3	31,5	ВВГ - 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,077	14,6	3,8
линия 4	37,8	ВВГ - 3х10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,074	10,1	2,7
линия5	18,9	ВВГ - 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,078	13,1	3,4
линия 6	18,9	ВВГ - 3х4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,079	13,3	3,5
Щит освещения ЩО 1(2).3										
линия 1	31,5	ВВГ - 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,100	18,9	5,0
линия2	31,5	ВВГ - 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,099	18,7	4,9
линия 3	31,5	ВВГ - 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,096	18,2	4,8
линия 4	31,7	ВВГ - 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,100	19,0	5,0
линия 5	31,7	ВВГ - 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,100	19,1	5,0
линия 6	31,5	ВВГ - 3х6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,095	18,0	4,7
Щит № 3.1										

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
линия 1	58,3	ВВГ - 5x16	62	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,018	2,3	0,6
линия2	51,8	ВВГ - 5x16	62	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,019	2,2	0,6
линия 3	198,9	ВВГ - 5x95	204	0,329	0,0602	0,65	0,86	0,025	2,3	0,6
линия 4	176,8	ВВГ - 5x95	204	0,329	0,0602	0,65	0,86	0,026	2,1	0,6
линия 5	34	ВВГ - 5x6	37	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,024	1,9	0,5
линия 6	19,4	ВВГ - 5x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,020	3,5	0,9
Щит №3.2										
линия 1	60,3	ВВГ - 3x16	62	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,020	2,8	0,7
линия2	26,3	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,021	5,0	1,3
линия 3	54,4	ВВГ - 3x16	62	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,023	2,8	0,7
Щит № 3.3										
линия 1	15,1	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,054	7,3	1,9
линия2	37,8	ВВГ - 3x10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,051	7,0	1,8
линия 3	31,5	ВВГ - 3x10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,055	6,3	1,7
линия 4	31,5	ВВГ - 3x10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,053	6,0	1,6
линия 5	97,2	ВВГ - 5x35	109	0,894	0,0637	0,65	0,86	0,051	5,5	1,4
линия 6	97,2	ВВГ - 5x35	109	0,894	0,0637	0,65	0,86	0,056	6,0	1,6
Щит освещения ЩО 3.4										
линия 1	7,8	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,076	5,3	1,4
линия2	6,3	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,080	4,5	1,2
линия 3	9,1	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,070	5,7	1,5
линия 4	6,8	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,085	5,2	1,4

Окончание таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Щит № 4.1										
линия 1	61,5	ВВГ - 5x16	67	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,031	4,4	1,2
линия2	36,4	ВВГ - 5x10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,035	4,6	1,2
линия 3	43,7	ВВГ - 5x10	50	3,12	0,073	0,65	0,86	0,028	4,4	1,1
линия 4	59,8	ВВГ - 5x16	67	1,95	0,0675	0,65	0,86	0,038	5,1	1,4
линия 5	29,1	ВВГ - 5x6	40	5,21	0,09	0,65	0,86	0,025	4,4	1,1
Щит № 4.2								0,000	0,0	0,0
линия 1	16,8	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,040	6,0	1,6
линия2	25,2	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,029	6,5	1,7
линия3	17,6	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,030	4,7	1,2
Щит освещения ЩО 4.3										
линия 1	4,8	ВВГ - 3x4	29	7,81	0,095	0,65	0,86	0,050	2,1	0,6

4 Проектирование внешней сети электроснабжения

4.1 Выбор мощности трансформаторов

Определим расчетную нагрузку на третьем уровне электроснабжения, которая включает в себя расчетную мощность силовой нагрузки, расчетную мощность осветительной нагрузки и потери мощности в линиях на низкой стороне.

$$S_{\text{расч}} = S_{\text{акт}} + S_{\text{осв}} + S_{\text{пот}}, \quad (4.1)$$

где $S_{\text{акт}}$ – активная расчетная мощность гипермаркета; $S_{\text{осв}}$ – расчётная активная нагрузка освещения; $S_{\text{пот}}$ – потери в линиях.

$$S_{\text{акт}} = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (4.2)$$

где P_i – реактивная расчетная мощность;

$$P_i = \frac{Q_i}{\tan \varphi_i}, \quad (4.3)$$

Потери мощности в трансформаторе в режиме максимальных нагрузок:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{хол}} + \Delta P_{\text{кз}}, \quad (4.4)$$

где $\Delta P_{\text{хол}}$ – потери холостого хода;
 $\Delta P_{\text{кз}}$ – потери короткого замыкания.

$$\Delta P_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{хол}}^2 R_{\text{кз}}}{2}, \quad (4.5)$$

где $I_{\text{хол}}$ – ток холостого хода,
 $U_{\text{кз}}$ – напряжение короткого замыкания.

Потери мощности в трансформаторах двухтрансформаторной ТП достаточно точно можно определить по выражениям, используя каталожные данные [14], представленные в таблице 4.1:

Таблица 4.1 – Каталожные данные трансформаторов типа ТМЗ-250/10

$S_{\text{ном.т.}}, \text{кВА}$	$\Delta P_{\text{xx}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{кз}}, \text{кВт}$	$U_{\text{к}}, \%$	$I_{\text{xx}}, \%$
250	0,82	3,7	4,5	2,3

Наибольшая реактивная мощность Q_1 , которая может быть передана в сеть напряжением до 1 кВ из сети 10 кВ без увеличения числа трансформаторов, для КТП.

(4.6)

(4.7)

Мощность конденсаторных установок:

(4.8)

кВар – установка КБ не требуется.

Расчетная нагрузка четвертого уровня представляет собой сумму расчетной нагрузки третьего уровня (расчетная силовая нагрузка цеха питающегося от КТП, включающая в себя потери в линиях, и нагрузку на освещение) и потерь в цеховых трансформаторах.

(4.9)

(4.10)

(4.11)

4.2 Общие указания по прокладке кабелей системы внешнего электроснабжения

Перед началом проведения работ должен быть выполнен комплекс организационных и технических мероприятий.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются: оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации; допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);
- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

При производстве работ на кабельных линиях необходимо соблюдать целый ряд специфических требований. Вот некоторые основные из них.

Применение землеройных машин, отбойных молотков, ломов и кирок для рыхления грунта над кабелем допускается производить на глубину, при

которой до кабеля остается слой грунта не менее 30 см. Остальной слой грунта должен удаляться вручную лопатами.

Перед началом раскопок кабельной линии должно быть произведено контрольное вскрытие линии.

В зимнее время к выемке грунта лопатами можно приступать только после его отогревания. При этом приближение источника тепла к кабелям допускается не ближе чем на 15 см.

При рытье траншей в слабом или влажном грунте, когда есть угроза обвала, их стены должны быть надежно укреплены.

В сыпучих грунтах работы можно вести без крепления стен, но с устройством откосов, соответствующих углу естественного откоса грунта.

Грунт, извлеченный из котлована или траншеи, следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки выемки. Разработка и крепление грунта в выемках глубиной более 2 м должны производиться по плану производства работ.

В грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод и при отсутствии расположенных поблизости подземных сооружений рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без крепления разрешается на глубину не более: 1 м – в насыпных, песчаных и крупнообломочных грунтах; 1,25 м – в супесях; 1,5 м – в суглинках и глинах.

В плотных связанных грунтах траншеи с вертикальными стенками рыть роторными и траншейными экскаваторами без установки креплений допускается на глубину не более 3 м. В этих случаях спуск работников в траншеи не допускается. В местах траншеи, где необходимо пребывание работников, должны быть устроены крепления или выполнены откосы.

На рабочем месте подлежащий ремонту кабель следует определить:

- при прокладке в туннеле, коллекторе, канале – прослеживанием, сверкой раскладки с чертежами и схемами, проверкой по биркам;
- при прокладке кабелей в земле – сверкой их расположения с чертежами прокладки.

Для этой цели должна быть предварительно прорыта контрольная траншея (шурф) поперек кабелей, позволяющая видеть все кабели.

Во всех случаях, когда отсутствует видимое повреждение кабеля, следует применять кабелеискательный аппарат.

Не допускается при прокладке кабеля стоять внутри углов поворота, а также поддерживать кабель вручную на поворотах трассы. Для этой цели должны быть установлены угловые ролики.

Перекладывать кабель и переносить муфты следует после отключения кабеля. Перекладывать кабель, находящийся под напряжением, допускается при условиях:

- перекладываемый кабель должен иметь температуру не ниже 5°C;
- муфты на перекладываемом участке кабеля должны быть укреплены хомутами на досках;
- для работы должны использоваться диэлектрические перчатки, поверх которых для защиты от механических повреждений должны быть надеты брезентовые рукавицы;
- работа должна выполняться работниками, имеющими опыт прокладки, под надзором ответственного руководителя работ, имеющего группу V, в электроустановках напряжением выше 1000 В и производителя работ, имеющего группу IV, в электроустановках напряжением до 1000 В.

4.3 Расчет сечения кабелей сети внешнего электроснабжения

Произведем выбор питающей кабельной линии.

Расчетный ток кабеля:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot n}, A \quad (4.1)$$

где n- число линий;

S_p - полная расчетная электрическая нагрузка, кВт

$U_{ном}$ - номинальное напряжение линии, кВ.

$$I_p = \frac{332}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2} = 252 \text{ A}$$

Для питающей кабельной линии (от ТП) определяем расчетный ток после аварийного режима кабеля:

$$I_{p.п.авр} = \frac{332}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 1} = 504 \text{ A}$$

Выбираем три кабеля для питания гипермаркета по расчетному току после аварийного режима типа ВВГ 5х120 с допустимым током $I_{доп} = 219 \text{ A}$ [1, табл.1.3.13].

4.4 Выбор силового оборудования

ВРУ выбирается по числу отходящих линий и номинальному току. Для гипермаркета выбран в качестве ВРУ шкаф ВРУ-8504 и вводной автомат типа DPX3 3П С630А.

Ток срабатывания автоматического выключателя должен быть согласован с максимально допустимым длительным током линии при выполнении условия:

По нагреву длительный расчетный ток:

$$I_p \leq K_{с.н.} \cdot I_{доп} \tag{4.2}$$

где I_p - расчетный ток линии, А;

$I_{доп}$ - длительно допустимый ток проводника, А;

$K_{с.н.} = 0,95$ - прокладочный коэффициент на условия прокладки кабеля, который равен [7].

$$468 \leq 0,95 \cdot 3 \cdot 219$$

$$468 \leq 624, \text{ А}$$

Соответствие выбранному защитному устройству:

$$K_{с.н.} \cdot I_{дон} \leq K_{защ} \cdot I_z \quad (4.3)$$

где I_z - параметр защитного устройства, А

$K_{защ} = 1$ - коэффициент защиты, представляющий собой отношения длительного тока провода или кабеля к параметру защитного устройства.

4.5 Проверка кабеля системы внешнего электроснабжения по допустимым потерям напряжения

Определяем потери напряжения в кабеле, питающем ВРУ, в процентах от номинального значения:

$$\Delta U_L = \frac{P_L \cdot r_{0L} \cdot L_L + Q_L \cdot x_{0L} \cdot L_L}{U_{ном}^2} \cdot 100\% \quad (4.4)$$

где r_0, x_0 - активное и реактивное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

L - длина линии, км; P_L, Q_L - активная и реактивная мощности;

$U_{ном}$ - номинальное напряжение сети.

$$\Delta U_L = \frac{215 \cdot 0,261 \cdot 0,4 + 254,1 \cdot 0,0602 \cdot 0,4}{380^2} \cdot 100\% = 0,02\% < 5\%$$

Потери лежат в допустимых пределах ГОСТ 32144-2013.

5 Расчет токов короткого замыкания. Проверка оборудования

5.1 Расчет токов КЗ

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение в сети или в элементах электрооборудования короткого замыкания, вследствие повреждения изоляции или неправильных действий обслуживающего персонала. Для снижения ущерба, обусловленного выходом из строя электрооборудования при протекании токов КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы системы электроснабжения необходимо правильно определять токи КЗ и по ним выбирать электрооборудование, защитную аппаратуру (или же проверить уже выбранную на стойкость к току КЗ).

Расчет токов КЗ в сетях до 1000В в ВРУ выполняются в именованных единицах.

Определение токов КЗ начинается с составления схемы замещения.

Составим схему замещения для ВРУ :

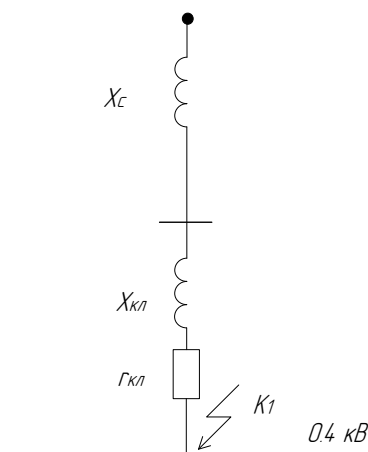


Рисунок 5.1 – Схема замещения сети

На шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции ток короткого замыкания равен 6,4 кА. Тогда сопротивления внешней сети

включающей в себя результирующее сопротивления сети 10 кВ сопротивления трансформатора определим по формуле:

$$X_{BH} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к.з.нн}}} , \quad (5.1)$$

где $U_{\text{л}}$ - среднее номинальное напряжения 400 В.

$I_{\text{к.з.нн}}$ - ток короткого замыкания на шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции.

$$X_{BH} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,4} = 36,1$$

Для кабеля ВВГ 5х120 протяженностью $L_{\text{кл1}}=400\text{м}$ по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивления : $R_{\text{уд.кл1}}=0,261 \text{ Ом/км}$

Реактивно сопротивления: $X_{\text{уд.кл1}}=0,0602 \text{ Ом/км}$

$$R_{\text{л1}} = R_{\text{уд.кл1}} \cdot L_{\text{кл1}} , \text{ мОм} \quad (5.2)$$

$$R_{\text{л1}} = 0,261 \cdot 400 = 104,4 \text{ мОм}$$

$$X_{\text{л1}} = X_{\text{уд.кл1}} \cdot L_{\text{кл1}} , \text{ мОм} \quad (5.3)$$

$$X_{\text{л1}} = 0,0602 \cdot 400 = 24,1 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток к.з. в точке K_1 на вводе низкого напряжения ВРУ:

$$X_{\Sigma} = X_{\text{л1}} + X_{\text{BH}} , \text{ мОм} \quad (5.4)$$

$$X_{\Sigma} = 24,1 + 36,1 = 60,2 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое равно 15 мОм.

$$R_{\Sigma} = R_{\text{доб}} + R_{\text{л1}} + R_{\text{п}}, \text{ мОм} \quad (5.5)$$

$$R_{\Sigma} = 15 + 104,4 + 5 = 124,4 \text{ мОм}$$

Ток КЗ точке К1:

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (5.6)$$

$$I_{K1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{60,2^2 + 119,4^2}} = 1,727 \text{ кА}$$

5.2 Проверка электрооборудования на термическую и электродинамическую стойкость

Проверку оборудования осуществляем по условиям электродинамической стойкости. При этом должно, выполняться условие:

$$i_{y\partial} \leq I_{\text{эс}}, \quad (5.7)$$

где $i_{y\partial}$ - ударный ток КЗ;

$I_{\text{эс}}$ - ток электродинамической стойкости, кА.

$$i_{y\partial} = K_{y\partial} \cdot I_{\text{м.к.з.}}, \quad (5.8)$$

Так как $R_{\Sigma} > X_{\Sigma}$, то $K_{y\partial} = 1$ и ударный ток равен амплитуде тока установившегося КЗ.

Проверка автоматических выключателей.

Проверяем автоматические выключатели по условиям электродинамической стойкости, по наибольшей отключающей способности.

В силовых пунктах установлены автоматические выключатели серии Legrand

DX3 3П с номинальными токами расцепителя 320А для которых $I_{\text{эс}}=16$ кА, выбранный выключатель способен отключить ударный ток в точке КЗ:

$$I_{\text{т.к.з.}} = 1,727 \cdot \sqrt{2} = 2,442 \text{ кА} \quad (5.9)$$

$$2,442 < 16 \text{ кА}$$

Выбранный выключатель удовлетворяет условиям проверки.

5.3 Расчет токов трехфазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по отключающей способности

Расчет токов к.з. ниже 1 кВ, как правило, вводится в именованных единицах. Особенностью расчетов коротких замыканий в сетях ниже 1 кВ является тот факт, что необходимо учитывать сопротивления дуги и трансформатора тока. На автоматах для этой цели вводится дополнительное сопротивление, величина которого зависит от возникновения короткого замыкания.

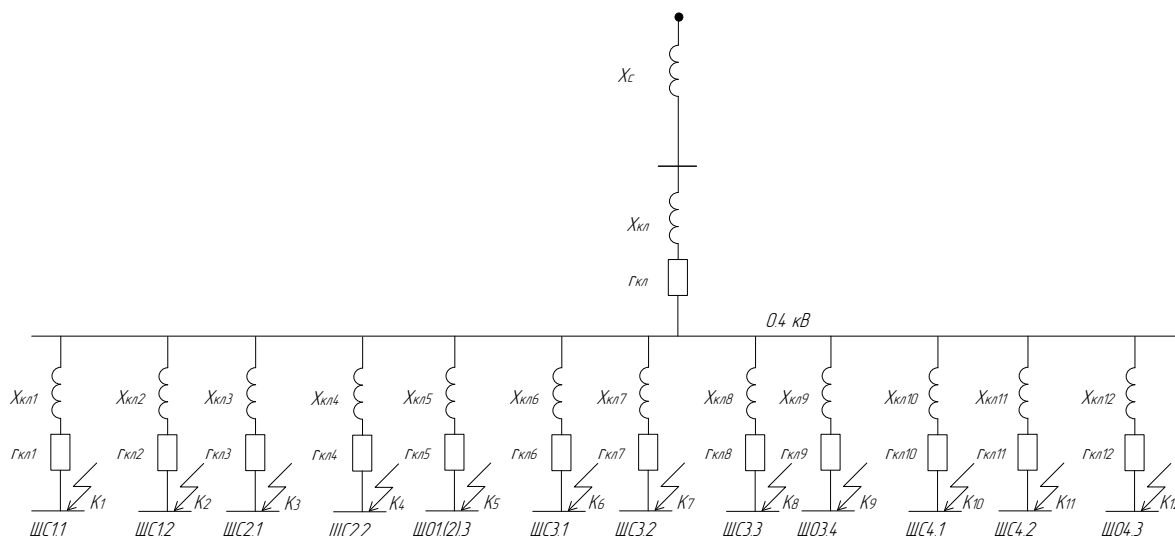


Рисунок 5.2 – Схема замещения элементов сети

Расчет тока трехфазного к.з. для точки К₁:

Для кабеля ВВГ 5х50 протяженностью $L_{\text{кл1}}=25$ м по справочным данным были определены удельные активное и реактивное сопротивления:

Активное сопротивление : $R_{уд.кл} = 0,625 \text{ Ом/км}$

Реактивно сопротивление: $X_{уд.кл} = 0,0625 \text{ Ом/км}$

$$R_{л} = R_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (5.10)$$

$$R_{л} = 0,625 \cdot 25 = 15,6 \text{ мОм}$$

$$X_{л} = X_{уд.кл} \cdot L_{кл}, \text{ мОм} \quad (5.11)$$

$$X_{л} = 0,0625 \cdot 25 = 1,6 \text{ мОм}$$

Рассчитаем сопротивление и ток кз в точке К1:

$$X_{\Sigma} = X_{л} + X_{л1} + X_{вн}, \text{ мОм} \quad (5.12)$$

$$X_{\Sigma} = 1,6 + 24,1 + 36,1 = 61,8 \text{ мОм}$$

Суммарное активное сопротивление должно учитывать переходные сопротивления контактов. Для этой цели в расчет вводят добавочное сопротивление, которое на шинах подстанции 20 мОм

$$R_{\Sigma} = R_{доб} + R_{л1} + R_{л}, \text{ мОм} \quad (5.5)$$

$$R_{\Sigma} = 20 + 104,4 + 15,6 = 140 \text{ мОм}$$

Ток трехфазного КЗ точке К1:

$$I_{K1} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{\Sigma}^2 + R_{\Sigma}^2}} \quad (5.6)$$

$$I_{K1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{61,8^2 + 135^2}} = 1,509 \text{ кА}$$

Аналогичные расчеты производим и для остальных точек к.з, полученные результаты расчетов сведем в таблицу 5.1

Таблица 5.1 – Результаты расчетов трехфазного тока КЗ

Точка КЗ	$X_{вн},$ мОм	$R_{л1},$ мОм	$X_{л1}$	$R_{удкл}$	$X_{удкл}$	$L_{кл},$ м	$R_{л},$ мОм	$X_{л},$ мОм	$R_{доб}$	$R_{сумм}$	$X_{сумм}$	$I_{кз}, \text{кА}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

K1	36,1	104,4	24,1	0,625	0,0625	25	15,6	1,6	20	140,0	61,8	1,509
K2	36,1	104,4	24,1	12,5	0,104	50	625,0	5,2	20	749,4	65,4	0,307
K3	36,1	104,4	24,1	0,447	0,0612	22	9,8	1,3	20	134,2	61,5	1,564
K4	36,1	104,4	24,1	0,894	0,0637	23	20,6	1,5	20	145,0	61,7	1,466
K5	36,1	104,4	24,1	0,625	0,0625	25	15,6	1,6	20	140,0	61,8	1,509
K6	36,1	104,4	24,1	0,329	0,0602	15	4,9	0,9	20	129,3	61,1	1,614
K7	36,1	104,4	24,1	0,894	0,0637	18	16,1	1,1	20	140,5	61,3	1,506

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K8	36,1	104,4	24,1	0,329	0,0602	10	3,3	0,6	20	127,7	60,8	1,633
K9	36,1	104,4	24,1	12,5	0,104	11	137,5	1,1	20	261,9	61,3	0,859
K10	36,1	104,4	24,1	0,625	0,0625	28	17,5	1,8	20	141,9	62,0	1,492
K11	36,1	104,4	24,1	3,12	0,073	27	84,2	2,0	20	208,6	62,2	1,061
K12	36,1	104,4	24,1	12,5	0,104	25	312,5	2,6	20	436,9	62,8	0,523

Проверим выключатели, защищающие кабельные линии напряжением 0,4 кВ. Проверку будем проводить по току КЗ:

$$I_{KЗ} \leq I_{o.c.}$$

где $I_{o.c.}$ - предельная отключаемая способность.

Таблица 5.2 – Проверка автоматических выключателей на отключающую способность

№	Точка КЗ	$I_{KЗ}$, кА	Тип выключателя	Предельная отключающая способность, кА	$I_{KЗ} \leq I_{o.c.}$
1	2	3	4	5	6
Щит 1.1.	K1	1,509	DPX 160 3P 125A	16	0,625
Щит 1.2	K2	0,307	DX3 3П D20A	16	12,5
Щит 2.1	K3	1,564	DPX 160 3P 160A	16	0,447
Щит 2.2	K4	1,466	DPX 160 3P 100A	16	0,894
Щит 1(2).3	K5	1,509	DPX 160 3P 125A	16	0,625
Щит 3.1	K6	1,614	DPX3 630 3P 630A	36	0,329
Щит 3.2	K7	1,506	DPX 160 3P 100A	16	0,894
Щит 3.3	K8	1,633	DPX3 630 3P 250A	36	0,329
Щит 3.4	K9	0,859	DX3 3П D20A	16	12,5
Щит 4.1	K10	1,492	DPX3 630 3P 125A	36	0,625

Щит 4.2	K11	1,061	DX3 3П D50A	16	3,12
Щит 4.3	K12	0,523	DX3 3П D20A	16	12,5

Автоматические выключатели по проверке на отключаемую способность проходят.

5.4 Расчет токов однофазного КЗ сети 0,4 кВ. Проверка коммутационных аппаратов по чувствительности

Для правильного выбора параметров релейной защиты и автоматики в системе электроснабжения наряду с токами трехфазных КЗ необходимо знать токи несимметричных КЗ – в нашем случае однофазные КЗ, для проверки чувствительности автоматов НН к таким КЗ.

Ток однофазного замыкания на землю в сети 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью, равен утроенному току нулевой последовательности и определяется по формуле:

$$I_{K3} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_n} \quad (5.7)$$

U_{ϕ} - фазное напряжение сети;

$\frac{Z_T}{3} = 10,6 \text{ мОм}$ - сопротивление силового трансформатора при однофазном замыкании на корпус при мощности трансформатора 250 кВА с обмотками Δ/Y_H-11 .

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

(5.8)

где R_A , X_A - активное и индуктивное сопротивление автоматических выключателей;

R_ϕ - суммарные активные сопротивления фазного провода всех участков рассчитываемой цепочки;

R_{TT} , X_{TT} - активное и индуктивное сопротивление трансформатора тока
 $R_{TT} = 0,00015 \text{ Ом}$; $X_{TT} = 0,00021 \text{ Ом}$;

X_{BH} - сопротивления внешней сети трансформатора;

$R_{дуг}$ - сопротивление дуги в точке КЗ;

R_n - сопротивление нейтрального провода;

$X_{\phi o}$ - внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль, принимается равным $0,6 \text{ Ом/км}$;

Сопротивление кабельной линии от ТП до ВРУ, ВРУ до ЩС, от ЩС до ЭП приемника.

Полное сопротивление петли: фазный - нулевой провод:

$$Z_n = \sqrt{(30 + 0,15 + 0,4 + 104,4 + 104,4 + 15,6 + 15,6 + 78 + 78)^2 + (36,1 + 0,21 + 0,99 + 0,6 + 24,1 + 1,6 + 1,825)^2} = 491,98 \text{ мОм}$$

Определим ток однофазного КЗ для силового щита №1.1 линии 1:

$$I_{K3} = \frac{220}{\frac{10,6}{3} + 491,98} = 444 \text{ А}$$

Расчет однофазных коротких замыканий у остальных электроприемников производится аналогичным образом, а расчет сведем в таблицу 5.3

Таблица 5.3 –Результаты расчета токов однофазного КЗ

№	X _{вн}	Z _{тр/3}	R _{дуг}	R _{тТ}	R _а	X _{тТ}	X _а	X _{э/0}	X _{кл}	R _ф	R _н	X _{кл1}	R _{ф1}	R _{н1}	X _{кл2}	R _{ф2}	R _{н2}	Z _н	I _{кз}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Щит №1.1																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	1,825	78	78	491,975	444,0
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,375	195,25	195,25	727,025	301,1
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,375	195,25	195,25	727,025	301,1
Щит №1.2																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	5,2	625	625	4,75	390,5	390,5	2342,3	93,8
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	5,2	625	625	4,75	390,5	390,5	2342,3	93,8
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	5,2	625	625	4,75	390,5	390,5	2342,3	93,8
Щит №2.1																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	2,09	171,82	171,82	667,98	327,6
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	2,09	171,82	171,82	667,98	327,6
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	1,456 4	27,5	27,5	378,706	575,6
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	2,09	171,82	171,82	667,98	327,6
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,3	9,8	9,8	2,09	171,82	171,82	667,98	327,6
Щит №2.2																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,185	179,63	179,63	705,495	310,3

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,07	119,83	119,83	585,78	373,3
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,07	119,83	119,83	585,78	373,3
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	1,679	71,76	71,76	489,249	446,4
линия5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,185	179,63	179,63	705,495	310,3
линия 6	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,5	20,6	20,6	2,185	179,63	179,63	705,495	310,3
Щит освещения ЩО 1(2).3																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
линия 6	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,6	15,6	15,6	2,25	130,25	130,25	596,9	366,4
Щит № 3.1																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	1,012 5	29,25	29,25	371,563	586,5
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	1,012 5	29,25	29,25	371,563	586,5
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	0,903	4,935	4,935	322,823	674,1
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	0,903	4,935	4,935	322,823	674,1
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	1,012 5	29,25	29,25	371,563	586,5

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
линия 6	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,9	4,9	4,9	1,425	117,15	117,15	547,775	399,1
Щит №3.2																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	16,1	16,1	1,215	35,1	35,1	406,065	537,1
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	16,1	16,1	1,71	140,58	140,58	617,52	354,2
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	16,1	16,1	1,215	35,1	35,1	406,065	537,1
Щит № 3.3																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,95	78,1	78,1	465,7	468,8
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,73	31,2	31,2	371,68	586,3
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,73	31,2	31,2	371,68	586,3
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,73	31,2	31,2	371,68	586,3
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,637	8,94	8,94	327,067	665,5
линия 6	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	0,6	3,3	3,3	0,637	8,94	8,94	327,067	665,5
Щит освещения ЩО 3.4																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	137,5	137,5	1,045	85,91	85,91	750,315	291,8
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	137,5	137,5	1,045	85,91	85,91	750,315	291,8
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	137,5	137,5	1,045	85,91	85,91	750,315	291,8
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,1	137,5	137,5	1,045	85,91	85,91	750,315	291,8

Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Щит №4.1																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	1,89	54,6	54,6	449,24	485,9
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	2,044	87,36	87,36	514,914	424,3
линия 3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	2,044	87,36	87,36	514,914	424,3
линия 4	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	1,89	54,6	54,6	449,24	485,9
линия 5	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	1,8	17,5	17,5	2,52	145,88	145,88	632,43	345,9
Щит № 4.2																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	2	84,2	84,2	2,565	210,87	210,87	896,055	244,6
линия2	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	2	84,2	84,2	2,565	210,87	210,87	896,055	244,6
линия3	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	2	84,2	84,2	2,565	210,87	210,87	896,055	244,6
Щит освещения ЩО 4.3																			
линия 1	36,1	3,53	30,00	0,15	0,40	0,21	0,99	0,6	24,1	104,4	104,4	2,6	312,5	312,5	2,375	195,25	195,25	1321,83	166,0

Проверка на чувствительность к токам однофазного КЗ проверяется по условию для автоматических выключателей с обратной зависимостью от тока характеристикой $I = I_{н.расц.}$

$$I_{КЗ}^{(1)} \geq 3 \cdot I_{н.расц.} \quad (5.9)$$

Проверка выполнена в таблице 5.4, где определен коэффициент чувствительности равный отношению тока однофазного КЗ к номинальному току расцепителя.

Таблица 5.4 – Результаты расчета проверки чувствительности автоматов к однофазным КЗ в сети 0,4 кВ

№	$I_{КЗ}$	Тип автомата	Номинальный ток выключателя, А	$I_{КЗ} / I_{н.в.}$
1	2	3	4	5
Щит №1.1				
линия 1	444,0	DX3 3П C50A	50	8,88
линия2	366,4	DX3 1П C40A	40	9,16
линия 3	301,1	DX3 1П C32A	32	9,41
линия 4	366,4	DX3 1П C50A	50	7,33
Линия 5	301,1	DX3 1П C32A	32	9,41
Щит №1.2				
линия 1	93,8	DX3 1П C32A	32	2,93
линия2	93,8	DX3 1П C32A	32	2,93
линия 3	93,8	DX3 1П C32A	32	2,93
Щит №2.1				
линия 1	327,6	DX3 1П C32A	32	10,24
линия2	327,6	DX3 1П C32A	32	10,24
линия 3	575,6	DX3 3П C100A	100	5,76
линия 4	327,6	DX3 1П C32A	32	10,24
линия 5	327,6	DX3 1П C32A	32	10,24
Щит №2.2				
линия 1	310,3	DX3 1П C32A	32	9,70

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5
линия2	373,3	DX3 1П C50A	50	7,47
линия 3	373,3	DX3 1П C50A	50	7,47

линия 3	446,4	DX3 1П C50A	50	8,93
линия 4	310,3	DX3 1П C32A	32	9,70
линия 5	310,3	DX3 1П C32A	32	9,70
Щит освещения ЩО 1(2).3				
линия 1	366,4	DX3 1П C40A	40	9,16
линия2	366,4	DX3 1П C40A	40	9,16
линия 3	366,4	DX3 1П C40A	40	9,16
линия 4	366,4	DX3 1П C40A	40	9,16
линия 5	366,4	DX3 1П C40A	40	9,16
линия 6	366,4	DX3 1П C40A	40	9,16
Щит № 3.1				
линия 1	586,5	DX3 3П C63A	63	9,31
линия2	586,5	DX3 3П C63A	63	9,31
линия 3	674,1	DX3 3П C250A	250	2,70
линия 4	674,1	DX3 3П C250A	250	2,70
линия 5	586,5	DX3 3П C40A	40	14,66
линия 6	399,1	DX3 3П C32A	32	12,47
Щит №3.2				
линия 1	537,1	DX3 1П C63A	63	8,53
линия2	354,2	DX3 1П C32A	32	11,07
линия 3	537,1	DX3 1П C63A	63	8,53
Щит № 3.3				
линия 1	468,8	DX3 1П C32A	32	14,65
линия2	586,3	DX3 1П C50A	50	11,73
линия 3	586,3	DX3 1П C50A	50	11,73
линия 4	586,3	DX3 1П C50A	50	11,73
линия 5	665,5	DX3 3П C125A	125	5,32
линия 6	665,5	DX3 3П C125A	125	5,32

Окончание таблицы 5.4

1	2	3	4	5
Щит освещения ЩО 3.4				
линия 1	291,8	DX3 1П C32A	32	9,12
линия2	291,8	DX3 1П C32A	32	9,12
линия 3	291,8	DX3 1П C32A	32	9,12
линия 4	291,8	DX3 1П C32A	32	9,12
Щит № 4.1				
линия 1	485,9	DX3 3П C63A	63	7,71
линия2	424,3	DX3 3П C50A	50	8,49
линия 3	424,3	DX3 3П C50A	50	8,49
линия 4	485,9	DX3 3П C63A	63	7,71

линия 5	345,9	DX3 3П C40A	40	8,65
Щит № 4.2				
линия 1	244,6	DX3 1П C32A	32	7,64
линия 2	244,6	DX3 1П C32A	32	7,64
линия 3	244,6	DX3 1П C32A	32	7,64
Щит освещения ЩО 4.3				
линия 1	166,0	DX3 1П C32A	32	5,19

Все выбранные выключатели проходят по чувствительности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом данной выпускной квалификационной работы является система электроснабжения гипермаркета «Аллея» г. Абакан, ул. Некрасова, д. 31а. Система электроснабжения проектировалась с учетом современных требований к системам, таким как надежность, экономичность, безопасность для человека и окружающей среды.

Было рассчитано электрическая нагрузка ЭП в целом по гипермаркету, рассчитаны электрические нагрузки по уровням электроснабжения.

Были выбраны кабельные линии, ВРУ и вводной автомат, распределительные пункты, сечений проводов и кабельных линий и параметры коммутационно – защитных аппаратов.

Выбранное электротехническое оборудование проверено на действие токов короткого замыкания.

Проведены светотехнический расчеты освещения. В проекте предусмотрено также аварийное и эвакуационное освещение.

Поставленная в работе цель достигнута, задачи решены в полном объеме в соответствии с выданным заданием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арзамасцев, Д. А. Снижение технологического расхода энергии в электрических сетях / Д. А. Арзамасцев, А. В. Липес. – М.: Высшая школа, 2014. – 127 с.
2. Блок, В. М. Электрические сети и системы / В. М. Блок. – М.: Высшая школа, 2012. – 430 с.
3. Бохмат, И. С. Снижение коммерческих потерь в электроэнергетических системах. - / В. Э. Воротницкий, Е. П. Татаринов//.- Электрические станции, 2014, №9. 11-15с.
4. Будзко, И. А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов / М.С. Левин - М.: Агропромиздат, 2012. - 320с.

5. Веников, В. А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / под ред. В. А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2008. – 344 с.
6. Веников, В. А. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / В. А. Веников, А. А. Глазунов, В. А. Жуков, Л. А. Солдаткина; под ред. В. А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2010. – 438 с.
7. Веников, В. А. Электрические системы. Т. 2: Электрические сети / под ред. В. А. Веникова. – М.: Высшая школа, 2011. – 440 с.
8. Воротницкий, В. Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / Железко Ю.С., Казанцев В. Н. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 368с.
9. Глазунов, А. А. Электрические сети и системы: учебник / А.А. Глазунов, А. А. Глазунов. – М.: Госэнергоиздат, 2010. – 368 с.
10. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200006034>
11. ГОСТ 17677-82. Светильники. Общие технические условия. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10583/>
12. ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1кВ». - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630>
13. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301>
14. ГОСТ 6825 -91 «Лампы люминесцентные трубчатые для общего освещения». Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005327>
15. ГОСТ Р 51541-2014 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. - Режим доступа: http://gostisnip.ru/dokumenty/gosty/energoberezhenie/gost_r_51541-99/

16. Ежков, В. В. Энергетические системы и сети в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для энергетических специальностей / В. В. Ежков, Г.К. Зарудский, Е. Н. Зуев и др.; под ред. В. А. Строева. – М.: Высшая школа, 2009. – 352 с.
17. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения:/ под ред. Г. М. Кнорринга.-Л: Энергия, 2012. -384 с.: ил.
18. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп./ И. П. Крючков – М.: Энергоатомиздат, 2013. – 608 с.: ил.
19. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 (ред. от 22.02.2016) "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" (вместе с "Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии", "Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии") // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_130498/
20. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-ое издание. Главы 1.1-1.2, 1.7-1.9, 2.4-2.5, 4.1-4.2, 7.1-7.2, 7.5-7.6, 7.10, раздел 6. – М.: Ростехнадзор, 2010. – 411 с.
21. Приказ ФСТ России от 10.10.2014 N 225-э/1 "О предельных уровнях тарифов на электрическую энергию (мощность) на 2016 год" (Зарегистрировано в Минюсте России 28.10.2014 N 34488) [Электронный ресурс]. Приложение N 4 к приказу Федеральной службы по тарифам от 10 октября 2014 г. N 225-э/1// Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
22. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». Режим доступа:

http://energoeducation.ru/wpcontent/uploads/2015/11/LAW94054_0_20151002_142857_54007.pdf

23. Расчет электрических нагрузок в системах электроснабжения: Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектирования для студентов специальности 100400 «Электроснабжение (по отраслям)» всех форм обучения / сост. Н. В. Дулесова. – Красноярск, 2012. - 28 с.
24. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – Взамен ВСН 59-88; введ. 26.10.2003.
25. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети: в 2т./ под ред. А. А. Федорова, и Г. В. Сербиновского - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергия, 2014. – 576с.: ил.